

V TOMTO SEŠITĚ

International Rectifier se představuje201

BIPOLÁRNÍ A CMOS PŘEVODNÍKY D/A

Převodníky D/A slučitelné sběrnicově	203
Způsob připojení k uP	204
Převodníky pro průmyslové účely	205
Historie převodníků CMOS D/A	205
Rozdíly mezi převodníky bipolárními a CMOS	206
Rychlé převodníky D/A	208
Kolikabitový převodník D/A postačí?	212
Převodníky A/D a D/A s integrovaným rozhraním pro DSP	215
Systém pro sběr dat	
12 b s napětím 3 V	217
Volba zdroje referenčního napětí	219
Malý katalog pro konstruktéry (převodníky A/D a D/A)	222
Vážení čtenáři (nepřehlédněte)	222
Upozornění pro naše	
slovenské čtenáře	239
Inzerce	239

AMATÉRSKÉ RÁDIO - ŘADA B

Vydavatel: Vydavatelství MAGNET-PRESS, s.p., Vladislavova 26, 113 66 Praha 1, telefon 24 22 73 84-9, fax 24 22 31 73, 24 21 73 15. **Redakce:** Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 24 22 73 84-9. **Séf redaktora:** Luboš Kalousek, OKIFAC, I. 354.

Sazba: SOU polygrafické Rumburk.

Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 14,80 Kč. Poletní předplatné 44,40 Kč, celoroční předplatné 88,80 Kč.

Rozšířuje MAGNET-PRESS a PNS, informace o předplatnému podá a objednávky příjemá PNS, pošta, doručovatel a předplatitelské středisko administrace MAGNET-PRESS. Velkoodběratel a prodejci si mohou objednat AR za výhodných podmínek v oddělení velkoobchodu MAGNET-PRESS, tel./fax. (02) 26 12 26.

Podávání novinových zásilek povoleno jak ředitelstvím pošt, přepravy Praha (č. j. 349/93 ze dne 1. 2. 1993), tak RPP Bratislava - pošta Bratislava 12 (č. j. 82/93 dňa 23. 8. 1993). Objednávky do zahraničí příjemá vydavatelství MAGNET-PRESS, OZO.312, Vladislavova 26, 113 66 Praha 1 formou bankovního šeku, zaslávaného na výše uvedenou adresu. Celoroční předplatné časopisu pozemní cestou 30 DM nebo 20 US \$, letecky 46 DM nebo 28 US \$.

Ve Slovenské republice předplatné zajišťuje a objednávky příjemá přímo nebo prostřednictvím dalších distributorů MAGNET-PRESS Slovakia s.r.o., P.O. BOX 814 89 Bratislava, tel. (07) 39 41 67, cena za jeden výtisk v SR 17,50 SK.

Inzerci příjemá inzerční oddělení MAGNET-PRESS, Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. (02) 24 22 73 84, 24 22 77 23, tel./fax. (02) 24 22 31 73.

Znění a úpravu odborné inzerce lze dohodnout s kterýmkoli redaktorem AR.

Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autor. Nevyžádáno rukopisy nevracíme.

ISSN 0139-9572, číslo indexu 46 044

Toto číslo výšlo 21. 9. 1994

© MAGNET-PRESS s. p. Praha

Firma International Rectifier je v současné době největším světovým nezávislým výrobcem výkonových polovodičových součástek a největším světovým producentem výkonových tranzistorů MOSFET. Ve fiskálním roce 1994/95 očekává firma obrat 400 miliónů \$. Dynamika růstu výroby v letošním roce je asi 30 %. IR je hlavním světovým výrobcem výkonových tranzistorů MOSFET, označovaných zkratkou Hexfet (podle hexagonálního tvaru jednotlivých mikrotranzistorů). Jméno firmy je i zárukou maximální jakosti celé produkce tohoto výrobce.

Celá výroba firmy se soustředí na oblast výkonových polovodičových součástek, na permanentní zdokonalování technologie spolu s maximální jakostí a výtěžností. Hlavními vyráběnými součástkami jsou, jak bylo uvedeno, především výkonové tranzistory MOSFET, dále pak tranzistory IGBT (insulated gate bipolar transistor, bipolární tranzistor s izolovanou řídící elektrodou), výkonové integrované obvody, mikroelektronická relé, výkonové hybridní obvody, usměrňovače, tyristory a moduly pro velké výkony, Schottkyho diody, FRED (extrémně rychlé diody) a polovodičové součástky, označované jako "military", tj. pro vojenské použití. International Rectifier však nejen vyrábí součástky, ale úzce spolupracuje se zákazníky, jimž poskytuje technickou pomoc při řešení všech otázek, spojených s vývojem a výrobou nových zařízení, typickým příkladem je i možnost objednat si analýzu poruch (této možnosti využívají především velcí výrobci). IR spolupracuje velmi úzce s celou řadou velkých výrobců (např. IBM, automobiloví výrobci atd.), pro něž mj. i vyvíjí nové zákaznické součástky pro specifická použití.

Z historie firmy

Jako nejstarší nezávislý výrobce polovodičových součástek na světě, jsou firma IR i její zaměstnanci hrdí na svou minulost, v níž nacházejí zdroj inspirace a z níž čerpají i zkušenosti, jiným způsobem nezískatelné.

International Rectifier založili Eric a Leon Lidow v srpnu roku 1947 v Los Angeles v Kalifornii. Firma se brzy stala známou a uznávanou jako přední výrobce selenových usměrňovačů, jediného tehdejšího běžně používaného polovodičového materiálu.

Stejně tomu bylo i později, když se začaly používat i další polovodičové materiály, germanium a křemík.

Dobrý přehled o aktivitách firmy lze získat z následující tabulky:

1947 - založení firmy Ericem a Leonem Lidow, výroba selenových usměrňovačů,

1955-57 - uzavřeny joint-venture v Japonsku, Anglii a Itálii, zahájeny práce na vývoji tyristorové technologie, 1979 - vyvinut a uveden na trh první komerčně využitelný tranzistor D-MOS na světě,

1982 - uvedena na trh první součástka CMOS na vysoké napětí, tzv. chipswitch,

1984 - uvedeno na trh "světelné" relé (photovoltaic relay), zahájena výroba zákaznických součástek a obvodů,

1985 - začíná projekt Hexfet America, začíná výroba IRGB podle americké vojenské normy MIL-S-19500,

1987 - dokončena racionalizace evropských výrobků, realizován Hexfet America, uvedena první výkonová součástka MOS SMD na světě,

1988 - první na světě pravý výrobek P.I.C. (Power Integrated Circuit, výkonový integrovaný obvod),

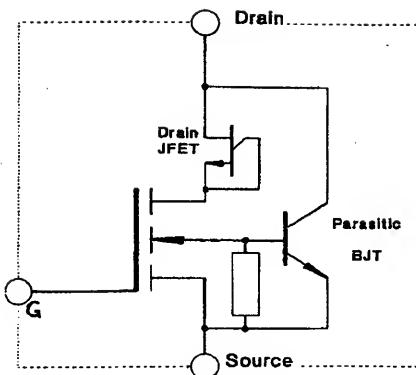
1990 - představena revoluční technologie IGBT, nejvyspělejší na světě.

Přehled výrobních závodů

Vedení společnosti sídlí v El Segundo v Kalifornii, kde je též výrobní závod, vyrábějící tranzistory Hexfet a IGBT, P.I.C., mikrorelé, součástky pro velké výkony a součástky pro armádu. Závod Hexfet America sídlí též v Kalifornii, ve městě Temecula a vyrábí Hexfet a IGBT, další výrobní závody jsou v Torontu v Kanadě (zařízení pro vysoká napětí, chladiče), v Tijuana v Mexiku (Schottkyho diody, usměrňovače pro velké výkony, výkonové tyristory), v Oxted v Anglii (Hexfet a IGBT v TO247, TO3, TO39, Hex-Pak, Y-Pak) a konečně v Turinu v Itálii, kde jsou dva závody na bipolární součástky (diody, tyristory - klasické i rychlé, moduly, usměrňovači můstky atd.) malého i středního výkonu i součástky pro největší výkony.

Stručný přehled vyráběných součástek

V oblasti výkonových MOSFET (Hexfet) jsou zajímavé především



Ekvivalentní obvod pro HexFET

MOSFET s vestavěným proudovým čidlem, tzv. HEX-SENCE, které se vyrábí pro napětí 60 až 500 V a pro proud 5,5 až 70 A. Do kategorie těchto zajímavých MOSFET patří i Logic Level MOSFET, tj. tranzistory MOSFET, které lze budit logickými signály (pro napětí 20 až 1000 V a pro proud 1 až 92 A), dále tzv. Full Pak, Hex Pak, elektricky izolované tranzistory MOSFET, s provozním napětím 60 až 900 V a pro proud 1,2 až 150 A.

Další velkou skupinou výrobků jsou tzv. SMARTFET a plně chráněné vysokonapěťové spínače pro automobilové aplikace (IRSF3010, IR6000 atd.). Velmi důležitou a rychle se rozvíjející oblastí jsou MOSFET pro povrchovou montáž, v této oblasti IR nabízí 11 druhů pouzder a je největším světovým výrobcem (pro napětí 20 až 600 V, pro proud 0,8 až 75 A).

Velkou skupinou výrobků, charakteristických pro firmu International Rectifier, jsou IGBT, bipolární tranzistory s izolovanou bází (řidící elektrodou), které jsou k dispozici ve třech velkých skupinách - standardní (do 1 kHz), rychlé (do 10 kHz) a velmi rychlé (do 100 kHz). Diskrétní IGBT a tzv. Co-Pak (to jsou IGBT s antiparalelní diodou) jsou nabízeny v pouzdrách TO220 a TO247 a to pro napětí

až 1200 V (v budoucnu do 1700 V) a proudy až 70 A, pro feromagnetické rezonanční obvody se vyrábí dvojice IGBT se společným emitorom pro proudy 65, popř. 120 A, dále se vyrábí i moduly IGBT až pro 1200 V a proudy do 800 A včetně IGBT pro nezávislou (bateriovou) trakci 250 V pro proudy do 1000 A v řadě 250, 320, 520, 750 a 1000 A. V současné době se připravuje výroba IGBT a Co-Pak v provedení SMD.

MOSFET a IGBT tohoto druhu potřebují také speciální budiče. IR pro řízení jedné součástky vyrábí budiče IR2121, IR2125, pro řízení dvou součástek např. IR2110, 2111, 2112, ... a IR2151, 2152 a 2155, pro řízení šesti součástek IR2130. Základní řada budičů má několik modifikací i v provedení SMD, velmi atraktivní jsou zejména velmi levné budiče (IR2112) a speciální budiče pro elektronické záťaze (IR2151, IR2155).

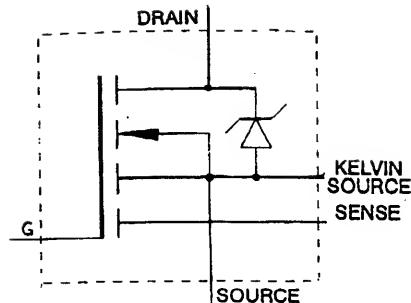
Nejširší výrobní sortiment na světě má firma IR v ladinových Schottkyho diodách - vyrábí se diody pro napětí od 15 do 200 V a pro proudy od 0,75 do 400 A, popř. i kombinace 200 V/400 A. Ve výrobním sortimentu jsou i diody s úbytkem napětí menším než 0,2 V při 100 °C.

V nejbližších několika příštích letech je možno předpokládat, že se podíl Schottkyho diod v součástkové základně značně zvětší, neboť tyto diody nahradí rychlé a velmi rychlé diody pro napětí do 200 V.

Zajímavý je i sortiment výkonových hybridních obvodů s MOSFET a IGBT do špičkového napětí 600 V, k nimž patří např. i můstky pro řízení asynchronních motorů.

Mikroelektronická relé IR (solid state relay) nabízí firma pro spínání jak stejnosměrných, tak střídavých záťaze.

Ve výrobním programu IR jsou dále kromě součástek v provedení SMD (MOSFET, budiče, diody, rychlé diody,



Symbol pro tranzistor HexSense

Schottkyho diody, diodové můstky, můstky se Schottkyho diodami atd.), extrémně rychlé ladinové diody (HEXFRED) a ultrarychlé diody ideální ve spojení s IGBT a Hexfet pro proudy 1 až 30 A (popř. 2x 25 A) a napětí 100 až 1200 V.

Poslední skupinou běžných polovodičových součástek v sortimentu firmy IR jsou tyristory, diody a ladinové diody v modulovém i klasickém provedení, např. tyristory klasického provedení pro 10 A až 3300 A, 100 až 5200 V, k dispozici jsou i kombinace tyristor-diody (12,5 až 250 A, 200 až 1200 V) a jejich rychlé varianty, dále i jedno a třífázové můstky do 160 A a 1600 V, tyristorové můstky a moduly tyristor-dioda pro proudové střídače. K výrobnímu sortimentu patří i rychlé a superrychlé pojistky.

Velmi významnou oblastí výroby jsou součástky určené pro kosmický program a pro armádu, vyráběn podle velmi přesných vojenských norem MIL a montážní celky (chladicí s polovodičovými součástkami, řízené i neřízené usměrňovače, celky s výměníky atd.). Nezanedbatelná je i výroba polovodičových čipů.

Součástky firmy International Rectifier mají řadu technických předností, jak je zřejmé z údajů v textu i na 2. straně obálky. Všechny bližší informace je možné získat na kontaktní adrese

Starmans electronics, s. r. o.,
zastoupení International Rectifier
pro Českou a Slovenskou republiku

Macurova 1565/19

149 00 Praha 4

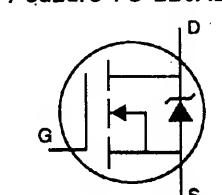
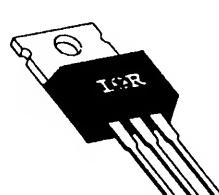
Ing. Lubor Kalenda

tel./fax (02) 79 26 831

Distribuci součástek a technické literatury IR včetně obsažných aplikacích zpráv jsou pověřeny firmy Starmans a 3Q service, Revolučná 5, P.O. Box 66, 010 08 Žilina, Slovenská republika.

Použitá literatura

Firemní literatura IR: News Release, IR-The Company of Innovation, Satisfying Our Customers, Reports on IR.



Schematická značka HEXFET

BIPOLÁRNÍ A CMOS PŘEVODNÍKY D/A

Vítězslav Stříž, Miluše Tolaszová

Problematika používání převodníků D/A, ale i A/D při zpracování analogových signálů ve známých velkých systémech pro zpracování dat postupně přechází do systémů menších a zcela malých, používaných v průmyslové elektronice, telekomunikacích, různých terminálech, a co je nejjednodušší, v nejmodernějších přístrojích spotřební elektroniky. Výsada velkých systémů a drahých součástek postupně přechází na stejně kvalitní součástky, avšak podstatně levnější, často výkonnější a dokonalejší s určením pro zpracování v přístrojích poměrně levných, vyráběných ve velkých sériích. Základní informace o převodnících D/A byly obsaženy v AR-B 1993, č. 1. Následující informace na ně volně navazují.

Převodníky D/A na bázi arzenidu gallia

Americká firma TriQuint Semiconductor, Inc., která patří k firmě Tektronix, vyvinula řadu číslicově-analogových převodníků, sériově vyráběných na bázi arzenidu gallia, které pracují rychlostí 600 až 1000 megavzorků za sekundu (Ms/s). Řada nových převodníků GIGA D/A reprezentuje vůbec první komerčně dostupné GaAs převodníkové obvody, jejichž provoz je specifikován při rychlosti větší než 400 Ms/s.

Převodníky řady TQ 6100 jsou osmibitové. Byly využity pro nejmodernější ultrarychlé aplikace s velkým rozlišením v zobrazovačích CAD/CAM, dále pro signálovou syntézu, převodníky A/D a syntézu rychlých kmitočtových skoků. Součástky se dodávají v pouzdru vhodném pro povrchovou montáž, popř. již montované na malé desce s plošnými spoji k podpoře video a jiné přístrojové techniky. Zaručován je provoz s rychlosťí zpracování dat 600 a 1000 Ms/s. Uvedená řada převodníků má celkem osm modelů.

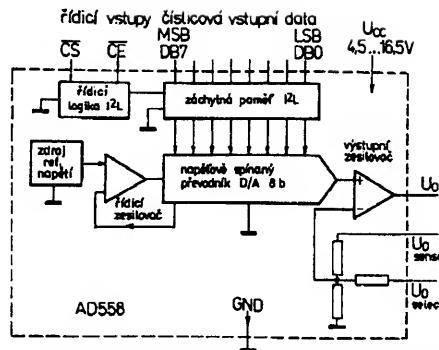
Integrované převodníky TQ6111 a TQ6112 jsou určeny především pro použití v zobrazovačích, pracujících v rozsahu megaobrazových bodů. Spolu se zapisovací rychlosťí 600 a 1000 megabodů nabízejí tyto součástky navíc jeden vyklíčovací vstup a vyklíčovací interval podle standardu IRE. Protože na čipu je integrován osmibitový multiplexer 2:1, potřebuje rychlosť vstupních dat jen polovinu výstupu D/A. Teplotně kompenzova-

referenční zapojení ECL umožňuje jednoduše propojit převodník s obvody logiky ECL 10K a ECL 100K, proto subsystém D/A je velmi vhodný pro další rozšíření integrovanými obvody logiky ECL.

Převodníky GIGA D/A se dodávají rovněž na všeobecně použitelných deskách s plošnými spoji, na nichž jsou sdruženy vstupní/výstupní připoje, regulace a filtrace síťového napájecího zdroje a stabilizace výstupního napětí. Jmenovaná funkční skupina může pracovat při provozní teplotě až do 70 °C. Příkon popsaných integrovaných obvodů při rychlosti 600 a 1000 Ms/s je typicky 2,5 W a 3,5 W, na funkční desce s plošnými spoji asi 6 W a 7 W. Vzhledem k velmi vysoké ceně se popsané gallium-arsenidové převodníky hromadně nerozšířily.

Převodníky D/A slučitelné s běžnicové

Vývoj převodníku AD558, označovaného firmou Analog Devices jako DACport, je možné považovat jako vstřícný krok k dalšímu zjednodušování převodníkových systémů. Osmibitový převodník AD558 (obr. 1) je monolitický integrovaný obvod, který obsahuje úplné rozhraní pro spojení s mikroprocesorem, dále přesný zdroj referenčního napětí 2,5 V, výstupní zesilovač a datový registr. K napájení obvodu stačí, tak jako u většiny mikroprocesorů, jediné kladné napětí v rozsahu mezi +5 V až +15 V.



Obr. 1. Funkční skupinové zapojení převodníku D/A AD558

Výkonnost, přesnost a spolehlivost obvodu AD558 je výsledkem vývoje nejnovějších technologií bipolárních integrovaných obvodů. Tenkovrstvové rezistory, vyroběné na bázi křemíku a chromu, zaručují stabilitu nezbytnou pro zaručování stupně monotonie v celém rozsahu pracovních teplot. Moderní laserové trimování tenkovrstvových rezistorů (nastavení všech rezistorů sítě na předepsaný odpór s největší možnou přesností pomocí počítačem řízeného laserového paprsku) umožňuje již během výrobního procesu úplné kalibrování na přesnost ± 1 LSB. Zesílení a minimální nesymetrie nevyžaduje žádné další vyvažování ze strany konstruktéra systému.

Převodník D/A pracuje s osmi proudovými spínači p-n-p, které řídí přesnou rezistorovou síť R/2R a vyrábí analogový signál s napětím od 0 do 400 mV. Rychlý výstupní zesilovač oděvzdá v závislosti na zapojených vývodech dvě výstupní napětí od 0 do +2,56 V nebo od 0 V do +10 V. Doba nastavení kladného výstupního napětí je při plném rozsahu 700 ns.

Číslicové rozhraní

Proudové spínače p-n-p jsou řízeny z výstupů datového registru 8 b, který je konstruován osvědčenou technikou I2L, slučitelnou s lineárními obvody. Registr je řízen signály CS a CE, které jsou slučitelné s obvody logiky TTL (podle funkční tab. 1).

duchým způsobem. Jako rozhodující nevýhodu izolovaného vstupu-výstupu je možné označit průchod dat akumulátorem, neboť přímý programově řízený přenos dat z některého registru nebo paměťového místa k jedné vstupní-výstupní jednotce není možný.

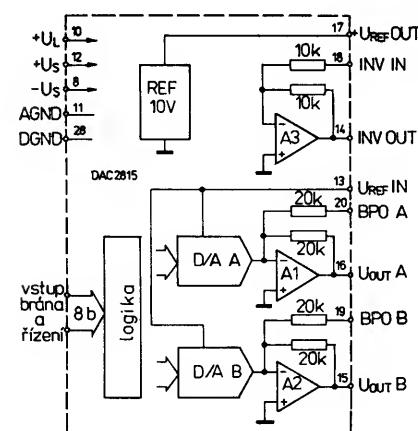
Převodníky pro průmyslové účely

Převodníky CMOS D/A pro průmyslové řízení

Nové dvojité a čtyřnásobné převodníky D/A pro průmyslové řídicí přístroje uvedla na trh společnost Burr-Brown. Typ DAC2815 sdružuje dva, DAC4815 čtyři převodníky na společném monolitickém čipu. Oba jsou vyrobeny technologií CMOS. Jsou vybaveny logikou záhytných obvodů, špičkovým zdrojem referenčního napětí se Zenerovou diodou a bipolárním výstupním zesilovačem s malým šumem.

Převodník DAC2815 nepotřebuje ke svému provozu žádné vnější součástky. Jeho výstupní napětí lze nastavit do rozsahu kladného napětí 0 až 10 V, záporného 0 až -10 V nebo bipolárního ±10 V. Čtyřnásobný převodník DAC4815 pro rozsah výstupního napětí ±10 V rovněž nevyžaduje žádné vnější součástky. Oby typy nabízejí pravou integrální a diferenční linearitu 12 b v celém rozsahu dovolené teploty, proto jsou ideální pro všechny aplikace, které vyžadují několik stejných převodníků D/A — jako je tomu u budičů ATE, lékařských diagnostických a laboratorních měřicích přístrojů, v přístrojích pro průmyslové řízení apod.

Funkční skupinové zapojení převodníku DAC2815 je na obr. 11, převodníku DAC4815 na obr. 12. Oba převodníky jsou vybaveny paralelním rozhraním 8 + 4 b. Data jsou nejdříve napěťovou úrovňí posunuta do vstupního registru, dále do dvou stupňů každého převodníku a pak jsou všechny převodníky simultánně aktualizovány. Oba mají asynchronní řízení mazání funkcí při zapnutí nebo kalibraci systému.



Obr. 11. Funkční skupinové zapojení převodníku DAC2815

Z klíčových vlastností jmenujme: rozlišení 12 b, doba ustálení max 10 ms, typicky 3,5 ms při $\pm 0,5$ LSB ILE, $\pm 0,5$ LSB DLE, chyba zesílení 0,15 % (± 20 ppm/K), chyba ofsetu $\pm 0,5$ mV (± 5 ppm/K). Oba převodníky jsou monotonní v rozšířeném rozsahu teplot pro průmyslové účely od -40 do +85 °C. Součástky jsou v plastovém pouzdru DIP28 s 2x čtrnácti vývody ve dvou řadách.

Převodník pro proudovou smyčku

Jediný monolitický převodník Sigma Delta D/A 16 b, který slouží pro výrobu signálu proudové smyčky 4 až 20 mA, vyvinula společnost Analog Devices. Toto technicky a cenově hodnotné řešení jednočipového převodníku je úsporné z hlediska nutného konstrukčního prostoru, je vybaveno zapojením pro hlídání závad na smyčce, může pracovat s proudem smyčky 4 až 20 mA nebo 0 až 20 mA. Napájecí napětí obvodu se může volit v širokém rozsahu od 12 do 36 V. Součástka v plastovém pouzdru DIL24 nebo SOIC24 je vhodná téměř pro všechny aplikace v oblasti průmyslového řízení a snímání dat.

Převodník s rychlým rozhraním 16 b

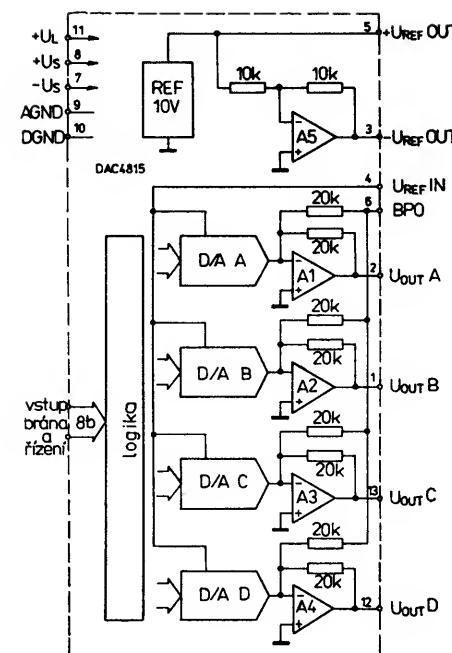
Pro průmyslovou elektroniku je určen další nový úplný převodník D/A 16 b, který je vybaven rychlým číslicovým rozhraním 16 b. Plně funkční převodník DAC712, který je vhodný pro spolupráci s mikroprocesory, je vybaven přesným, teplotně kompenzovaným zdrojem referenčního napětí +10 V a rozhraním sběrnice s bránou 16 b.

Z klíčových vlastností převodníku zaujmou: rychlosť — je velmi rychlý, má zdrojený oddělovací stupeň rozhraní 16 b, linearitu 13 b a 14 b, monotonii v celém dovoleném rozsahu teplot a ztrátový výkon max. 600 mW. Součástka je v úzkém plastovém pouzdru DIP28 a s 2x čtrnácti vývody nebo v širokém pouzdru SOIC28 s 2x čtrnácti vývody. Pracovní rozsah převodníku je v průmyslovém rozsahu od -40 do +85 °C.

Historie převodníků CMOS D/A

Prvním monolitickým převodníkem D/A, vyrobeným technologií CMOS, byl násobící převodník 10 b typu AD7520, který přišel na trh na podzim roku 1973. O několik měsíců později, v srpnu 1974, jej následoval výkonnější převodník D/A 12 b AD7521. Obě součástky se vyznačovaly jedním napájecím napětím, malým ztrátovým výkonem (typicky 20 mW) a číslicovými vstupy, slučitelnými s logikou TTL a CMOS.

Další vývojovou fází byly převodníky 10 b AD7530 a AD7531 až AD7533 a dále výkonnější převodník 12 b AD7541, které se dostaly na trh začátkem roku 1978. Převodník AD7541 byl



Obr. 12. Funkční skupinové zapojení převodníku DAC4815

však brzy překonstruován, inovován a v polovině roku 1983 uvolněn do prodeje jako typ AD7541A. Převodníky AD7533 stejně jako AD7541A představovaly cenově a výkonově podstatně zlepšení oproti AD7520 a AD7521. Souběžně s oběma typy byly vyvinuty osmibitové převodníky D/A řady AD752x a AD722x.

Jako speciální součástky se na trh dostaly v říjnu 1981 převodníky AD7528, první dvojitý osmibitový převodník D/A s datovým vyrovnávacím vstupem a osmínásobný převodník 8 b AD7228 s napěťovým výstupem, který je na trhu od poloviny roku 1987. Zvláště typ AD7528 je dodnes uznáván jako průmyslový standard v oblasti osmibitových převodníků CMOS.

Na bázi převodníku AD7542A pokračuje vývojový trend ke stále vyšší integraci různých výkonových vlastností a k většímu rozšíření. V oblasti rozlišení 12 b směřuje vývoj od AD7541 přes AD7542, který je slučitelný s mikroprocesory, AD7543 se sériovým vstupem, AD7545 s vyrovnávacím vstupem a AD7537, AD7547, dvojitě převodníky 12 b se vstupním registrem a rozhraním pro mikroprocesory, až k typu AD7845, což je komplexní převodník D/A se vstupním registrem, řídicí logikou a napěťovým výstupem. Na trhu je od roku 1988.

První převodník D/A s rozlišením 14b AD7534 byl uveden na trh na začátku roku 1984. Je vybaven vstupním registrem s vysokým a nízkým B (byte), proto je optimálně přizpůsoben pro spolupráci s procesorovými systémy 8 b.

Další převodníkové obvody AD7535, AD7536 a AD7538 jsou vybaveny proudovým výstupem. Rozšíření výkonnosti bylo dosaženo u převodníku AD7840, který se prodává od února 1989. Uvedený typ je vybaven rozhraním k procesoru s možností buď paralelního nebo sériového provozu, proto je velmi vhodný ve spojení s číslicovými signálními procesory. AD7840 má integrován vnitřní zdroj referenčního napětí +3 V a napěťový výstup.

První převodník D/A s rozlišením 16 b se objevil na trhu v roce 1981 pod označením AD7546. Od začátku roku 1989 je na trhu další nový převodník 12 b s rezistorovou sítí R2R a předřazeným převodníkem D/A 4 b, přes který dostává potřebné referenční napětí. Tento typ je slučitelný s mikroprocesory a je vybaven možností zpětného čtení, proto je vhodný pro použití v systémech ATE. Jeho specifickou vlastností je monotonost 16 b v celém dovoleném rozsahu teplot a jeho doba zákmítu není delší než 7 ms.

Nejnovějšími součástkami v oblasti dvanáctibitových převodníků jsou typy AD7837, AD7847, dvojité D/A s portem, dále AD7233, AD7243, dvanáctibitové D/A s portem a sériovým rozhraním, a konečně AD7242 a čtrnáctibitový AD7244, oba úplné dvojité převodníky 12 b, popříp. 14 b se sériovým rozhraním.

Posledním nejnovějším výrobkem je osmínásobný převodník D/A 12 b AD7568 se sériovým rozhraním, možností "Daisy-Chain", oddělenými referenčními vstupy a násobením ve všech čtyřech kvadrantech. Tento převodník je vhodný speciálně pro použití v oblasti řízení procesů a v oboru ATE.

Přehled základních vlastností převodníků CMOS D/A ve členění podle schopnosti rozlišení je v tab. 2.

Rozdíly mezi převodníky bipolárními a CMOS

Z hlediska uživatele je výrobní proces integrovaných převodníků D/A převážně méně zajímavý než jejich skutečné technické specifikace a funkční vlastnosti. Při srovnání bipolárních a CMOS převodníků si však výrobní technologie vždy zaslouží pozornost, neboť podmiňuje určité rozdíly v provozních vlastnostech.

Výrobní technologie bipolárních převodníků D/A je obdobná technologii, která se používá ve výrobě tranzistorů, operačních zesilovačů a jiných lineárních obvodů. Bipolární převodníky D/A jsou založeny na bázi rychlého spinání paralelních proudových zdrojů (obr. 13). Velikost proudů se zvažuje binárně, každý dílčí proud se řídí zvláštním datovým bitem. Výstupní

Tab. 2. Přehled základních vlastností převodníků CMOS D/A podle schopnosti rozšíření

Rozlišení [b]	Výstup	Převodník D/A			
		jednoduchý	dvojitý	čtyřnásobný	osmínásobný
8	U	AD7224	DAC-8228	AD7226 PM7226A	AD7228
8	I	AD7524 PM7524	AD7528 PM7528	DAC-8408	
12	U	AD7848	AD7247	DAC-8412	
12	I	AD7541A PM7541A	AD7547		AD7568
14	U	AD7840	AD7244		
14	I	AD7536			
16	U	AD7846			
16	I	-	-	-	-

proud je pak součtem proudů proudových zdrojů, které jsou selektivně vybírány použitým číslicovým kódem. Vnitřní a vnější referenční napětí určuje úroveň plného rozsahu výstupu.

je uveden příklad rozsahu výstupu. Převodníky CMOS D/A mohou být vybaveny proudovými nebo napěťovými výstupy. Oproti bipolárnímu protějšku mají převodníky CMOS D/A s proudovým výstupem pasivní analogovou cestu. To znamená, že výstup není řízen z proudového zdroje, ale z rezistorové sítě z přesných, vyvážených rezistorů, které se mohou spínat analogovým spínačem. Díky rezistorům s výbornou korelací, integrovaným na čipu, se dosahuje výstupní přesnosti 14 b a větší (jako např. v typu MX7538).

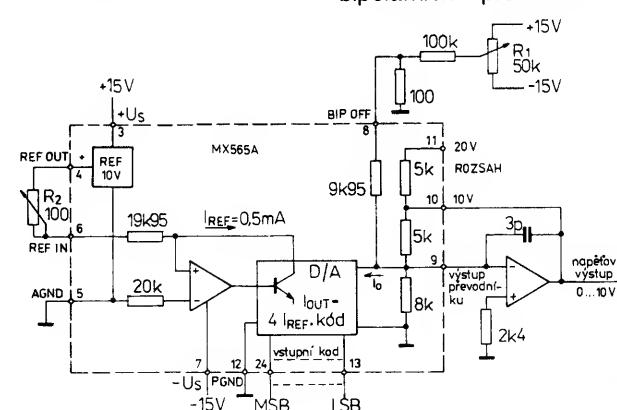
Převodníky CMOS D/A s průdušným výstupem (obr. 14) se často označují jako násobící převodníky. Jejich výstupní signál je produktem vstupního kódu (interpretováno jako zlomek s hodnotou mezi 0 a 1) a referenčního napětí. Tyto součástky akceptují mnoho signálů na referenčním vstupu. Převodníky CMOS D/A s napěťovými výstupy mají však referenční vstupy, které jsou kmitočtové a napěťově omezeny. Z dalších předností převodníků CMOS D/A oproti bipolárním typům je třeba vymenovat alespoň menší příkon, provoz s jednoduchým napájením a lepší stabilitu zesílení v závislosti na teplotě. Technologie

Obr. 14. Převodník CMOS D/A s prourovým výstupem obsahuje spínač a vyváženou rezistorovou síť. Číslicové vstupy jsou slučitelné s logikou TTL, DTL a CMOS.

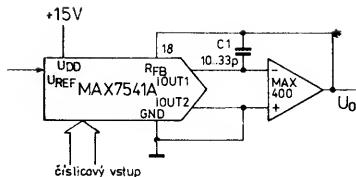
CMOS vyžaduje menší plochu vlastního křemíkového čipu. Tak např. integrovaný obvod MX7228 sdružuje osm převodníků D/A, jejichž napěťové výstupy mají rozlišení 8 b.

Horší chování výstupů je jednou z nevýhod převodníků CMOS D/A s proudovým výstupem. Protože výstupní proud nemá žádný aktivní zdroj proudu, převodník se chová lineárně pouze při spojení s nulovým potenciálem. Výstup těchto součástek je zpravidla připojen do součtového bodu vnějšího operačního zesilovače (obr. 15).

I když jsou bipolární převodníky D/A poněkud méně pružné než typy CMOS, mají bipolární typy mnohem lepší základní charakteristiku. Lepší vlastnosti výstupu jsou další předností bipolárních převodníků. V mnoha



Obr. 13. Převodník A/D 12 b typu MX565A s proudovým výstupem v bipolárním provedení s aktivním tranzistorovým proudovým zdrojem. Jeho součástí je integrovaný převodník D/A



Obr. 15. Převodník CMOS D/A s proudovým výstupem a připojeným vnějším operačním zesilovačem, který zajišťuje napěťový výstup

zapojení je možné zapojením rezistoru mezi proudovým výstupem a zemí dosáhnout výstupního napětí vhodné velikosti. Násobit mohou i bipolární převodníky, ovšem tento způsob použití je možný při restrikci polarity, omezení vstupního napětí a kmitočtových vlastností referenčního vstupu.

Bitové rozlišení a přesnost převodníků A/D a D/A

Rozlišovací schopnost je nejmenší stupeň amplitudy signálu, který může rozlišit datový převodník. Rozlišení je něco jiného než přesnost. U převodníků A/D je rozlišení chyba při kódování amplitudy signálu, zatím co u převodníků D/A se přesnost popisuje jako chyba při "výrobě" výstupního napětí nebo výstupního proudu. V katalogových listech nebo jiných technických specifikacích výrobců má rozlišení a přesnost podobnou nebo stejnou velikost, ovšem neplatí to ve všech případech.

Zatím co hodnotné převodníky A/D 12 b s výstupním napětím 10 V mohou rozlišovat napětí ve stupních po 3,5 mV, může se dosáhnout srovnatelné přesnosti výstupu (2,5 mV nebo 0,025 %) často jen s kalibrací a vyvážením. Přesnost 0,025 % nebo lepší bez vyvážení prodražuje převodníkové systémy s větším rozlišením, někdy je nelze vůbec vyrobít. Je-li součástka lineární, je specifikace celkové chyby (presnost) bezvýznamná, neboť ostatní součástky zapojení vyžadují bezpodmínečně vyvážení.

Praktický příklad pro lepší znázornění: U elektronické váhy v supermarketu nelze dosáhnout požadované přesnosti 0,005 kg při plném rozsahu 12 kg bez kalibrace. Kalibrování kompenzuje chybu převodníků A/D, chybu přenosové cesty a jiných součástek. Cenově příznivější (a tedy méně přesné) součástky jsou však stejně dobré jako převodníky s nulovou chybou zesílení. V tomto případě je přesnější převodník nepoužitelný, neboť přidané náklady je možné akceptovat jen tehdy, nemusí-li se systém vyvažovat.

Podobně to platí i u převodníků D/A. Cenově dostupný převodník MX7531J nabízí rozlišení 12 b a přesnost 8 b. Je-li systém kalibrován, je tato přesnost v každém případě akceptovatelná. Mnoho zapojení převodníků, např. převodník D/A používaný k nastavení zesílení operačního zesilovače, vyžaduje větší přesnost

než rozlišení. Např. osmi zesílovacím stupňům odpovídá rozlišení 3 b, přesnost každého nastavení přitom musí být ovšem mnohem lepší.

Důležitost koncových bodů pro určení přenosové funkce

Přesný průběh přenosové funkce (mezi nulou a plným rozsahem) převodníku dat má při testu vliv na naměřenou přesnost. Rozhodující otázkou u převodníků A/D zůstává: Při jaké velikosti analogového vstupního napětí přechází výstupní kód z nuly (0..000) na 1 LSB (0..001), jako i v plného rozsahu minus 1 LSB na plný rozsah (1..111). Odpověď závisí na tom kterém výrobci součástky.

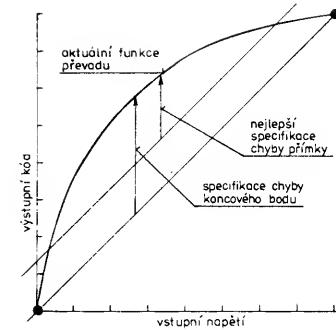
Podle všeobecné konvence je délka ideálního analogového kroku (LSB) převodníku A/D rovná $U_{REF}/2^n$. Řada výrobců pozoruje krok ideálního převodníku A/D v unipolárním provozu. Přitom nastává první změna číslicového výstupního napětí při analogovém vstupním signálu $0,5U_{REF}/2^n$, posledního kroku při U_{REF} ($1 - 1,52^n$). Číslicový kód je přiřazen středu každého analogového kroku. Podle jiného, méně používaného pravidla nastává první změna kódu (0..000 na 0..001) při vstupním napětí $U_{IN} = U_{REF}/2^n$, poslední změna při $U_{IN} = U_{REF}$ ($1 - 2^{-2}$). Ideální velikost pro LSB je opět $U_{REF}/2^2$, avšak přechody kódu nastávají na kraji místo uprostřed. Přenosová funkce je tím o 0,5 LSB posunuta vůči výše popsanému postupu.

Specifikace nonlinearity

Linearitu převodníku dat je možné definovat několika způsoby. Každý z nich má své opodstatnění, avšak množství odlišných specifikací způsobuje nejasnosti. Rozdílné měřicí metody jsou příčinou rozdílných výsledků testů linearity jedné a též součástky. Jsme-li seznámeni s jednotlivými měřicími metodami, vyplatí se porovnávat převodníky různých výrobců. Dva z měřicích postupů linearity jsou popsány dále. Jde o metody nazývané "Best Straight Line" (nejlepší přímka) a "Koncový bod" (obr. 16).

Měřicí postup nejlepší přímky neumožňuje výrok o chybě nuly (offset), chybě plného rozsahu nebo průběhu přenosové funkce. Vyčísluje pouze maximální odchylku od přímky (v LSB nebo procentech), která se nejvíce přibližuje přenosové funkci a přitom způsobuje nejmenší chybu. Skutečná poloha přímky není definována. Jako výsledek dostaneme čistou specifikaci linearity, neboť nevyhodnocuje žádnou jinou chybu. Určuje tedy nejlepší (nejnižší) číselný údaj pro jednu danou součástku.

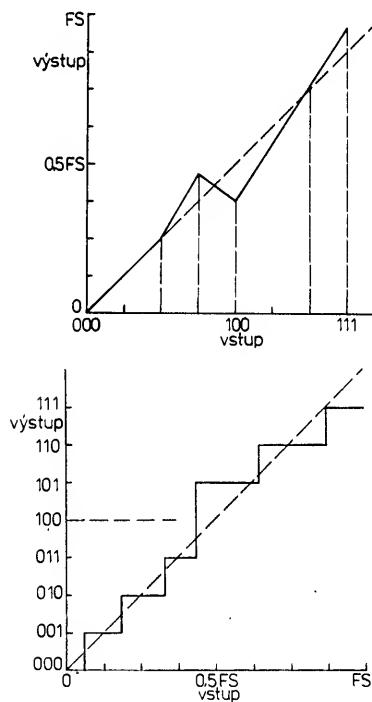
Metoda koncového bodu naproti tomu klade přímku mezi skutečné koncové body číslicové sekvence kódu převodníku. Měří se odchylky od této přímky bez ohledu na průběh nebo



Obr. 16. Měřicí metody "Best Straight Line" a "Koncové body" poskytují rozdílné specifikace linearity téhož převodníku A/D

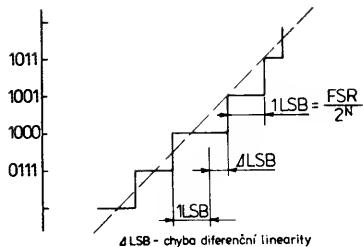
polohu přímky. Chyba linearity, naměřená touto metodou, je všeobecně větší než při předchozím postupu (Best Straight Line).

Specifikace linearity umožňuje výrok o tom, zda převodník A/D má mezery v kódu nebo zda převodník D/A má monotónní charakter (obr. 8). Při změně vstupního kódu zůstává výstup monotónního převodníku D/A nezměněn nebo se zvětší po krocích ve směru číslicové sekvence kódů. Některí výrobci, mezi nimiž je



Obr. 17. a — Nemonotonní převodník D/A; b — převodník A/D s mezerami v kódu

i Maxim, zaručují toto chování uvedením v katalogovém listu, zatím co jiní je specifikují diferenciální nonlinearity. Tato veličina označuje existenci či neexistenci monotónie. Některí výrobci uvádějí obě veličiny.



Obr. 18. Specifikace diferenciální non-linearity

Diferenciální non-linearity (DL) popisuje odchylku od ideální délky kroku (LSB) každého analogového stupně (obr. 18). Specifikace velikosti DL 0,5 (tedy 0,5 LSB) např. říká, že všechny stupně jsou nejméně 0,5 LSB dlouhé, avšak žádný krok není delší než 1,5 LSB. Údaj DL menší nebo rovný 1,0, ačkoli je to méně než požadovaná velikost, zaručuje monotónnost. Pokud je DL větší než 1,0, znamená to, že výstup je nejméně pro jeden kód obrácen ve směru, čímž bude porušena definice monotoni.

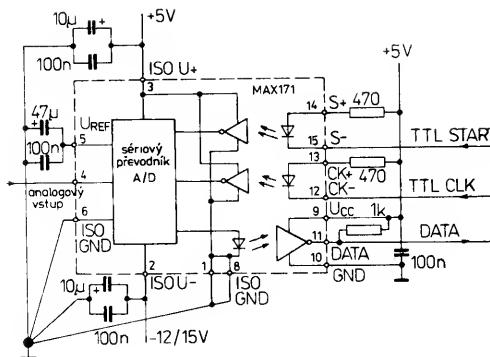
Šum, zemnění a Murphyho zákony

V dobře navrženém systému pro zpracování signálu je předprogramování zaručeno. Pokud tomu tak není, je problém často komplexní a skrytý. Příčinou mohou být poruchy součástek, nedostatečná přesnost nebo systém nesplňuje specifikace. Problémy vznikají často z nerespektování Ohmova zákona a základních principů elektromagnetického sluchátkového systému. K jejich řešení mnohdy stačí jednoduché úkony — např. kompenzovat snímací hlavici měřicího osciloskopu či správně blokovat napájecí zdroj.

Zemnicí vývody se mají sbíhat do jednoho společného bodu. Tím se omezují na minimum zemnicí smyčky, které vlivem rušivých magnetických polí vytvářejí nežádoucí proudové vazby. Správně vedené zemnicí spoje zmenšují vliv protékajících velkých proudů (a odtud výsledný úbytek napětí) na referenční zem citlivých míst zapojení. Jednoduché řetězení zemnicích vývodů ovšem způsobuje vazbu těchto úbytků napětí, které mohou způsobit chybu stejnosměrného napětí a navíc zákmity.

Analogové a číslicové integrované obvody při přesném měření by měly být napájeny odděleně. Ideální je, jsou-li analogové a číslicové části zapojení navzájem úplně izolovány. Realizovat tyto zásady není v praxi vždy možné a v žádném případě to není levná záležitost. U integrovaných převodníků D/A a A/D je však nedostatečné oddělení analogové a číslicové části možné. Má-li součástka odděleně vyvedeny zemnicí vývody pro

Obr. 19. Integrovaný obvod MAX171 zjednoduší izolaci signálu; mimo převodník A/D 12 b se sériovým rozhraním má integrovaný tři optoelektronické vazební členy ve společném pouzdro



analogovou a číslicovou část, spojují se oba vývody v zemnicím bodě analogového systému. Dalším účinným kompromisem je upravit napájecí zdroj přídavným vyhlašovacím členem RC jak pro analogovou část, tak pro převodník.

V každém případě je dobré zvážit, zvlášť když se předpokládá další rozšíření systému, zda šetřit na blokovačích součástkách nebo zemnicích spojích. Vhodné uspořádání proti rušivým vlivům v napájecí větvi chrání zařízení před ovlivňováním rychlých číslicových přechodů logiky. Stínění, pokud je nutné, má být provedeno jako "vodotěsné" prodloužení kostry nebo pouzdra. Stíněné kabely se mají změnit jen jedním koncem, nejlépe v nejbližším místě společného zemnicího vývodu.

Analogové signály malé úrovně mají být digitalizovány co "nejtěsněji" u zdroje signálu nebo zesíleny na největší zpracovatelnou velikost. Jinak se mohou vyskytnout rušivé signály, které jsou spoluzesilovány s užitečným signálem ještě před převodníkem. K dalšímu zmenšení rušení je vhodné oddělit signály s malou úrovní od rozvodu hodinového signálu, relé a jiných rušivých prvků. Znovu je třeba připomenout: Analogová a číslicová zapojení je nutné na desce s plošnými spoji pokud možno oddělit nebo je třeba je umístit na samostatné desky. Velmi slabé signály se doporučuje podle místních podmínek zpracovávat v samostatném stíněném pouzdro uvnitř hlavního pouzdra.

Při vyhledávání závad v analogových systémech pro zpracování dat není užitečné se věnovat emulátorům a vývojovému systému. Při použití číslicových "nástrojů" ušetříme mnohem více času, avšak výsledkům je nutné věnovat velkou pozornost. Tyto nástroje nabízejí informace o stavu technického řešení až z druhé ruky. Jsou totiž nepřímo svázány se stejným problémem, který právě řešíme.

Jestliže je problém již lokalizován, odstraněn či překlenut, je třeba přezkoušet oddělovací stupně, integrované obvody ve sběrnících a rozhraních, popří. další součástky, které mohou závadu překrývat nebo zkreslovat. V podstatě není žádná vhodná náhrada za přímé měření bezprostředně na vývodech podezřelých součástek. Jednoznačně přesvědčivé a průkazné

měření je přímé pozorování na stínítku dobrého osciloskopu.

Uvedené rady jsou jen nejzákladnější informace o tom, co můžeme učinit při zpracování integrovaných převodníků, abychom se dopracovali úspěšného výsledku. Integrované převodníky jsou komplexní součástky, které úspěšně nahrazují dříve používaná hybridní nebo diskrétní řešení a přes veškeré potíže a záladnosti zjednoduší, zlevňují a rozšířově zmenšují konstrukci systémů převodníků.

Doporučení pro použití rychlých převodníků s velkým rozlišením

U převodníků D/A s velkým rozlišením se musí respektovat druh výstupu — napěťový nebo proudový. Převodníky s napěťovým výstupem vyžadují zvláštní pozornost při zpracování signálu na cestě k dalšímu stupni. U převodníků s proudovým výstupem k tomu navíc přistupuje nutnost správně vybrat nejhodnější typ vnějšího operačního zesilovače pro převodníky proudu na napětí. Aby se dodržela linearita převodníku, musí se dodržet vhodná velikost zesílení otevřené smyčky a malá napěťová nesymetrie. Protože převodníky tohoto typu se často používají v kalibrovacích přístrojích a měřicích systémech, určují teplotní stabilitu, popří. teplotní závislost celého systému, v němž jsou použity.

Protože vše, co bylo uvedeno, závisí na použití typu převodníkového obvodu, dále na rozlišovací schopnosti a oboru použití, nelze poskytnout všeobecně platný návod pro vyřešení všech vyskytujících se problémů. V podstatě platí všechny dále uvedené zásady pro použití rychlých převodníků.

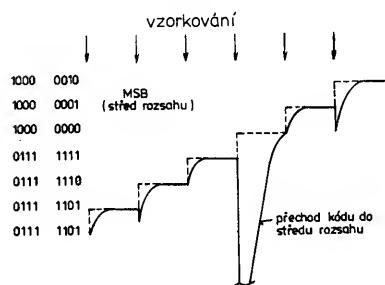
Rychlé převodníky D/A

Rychlé převodníky D/A se používají hlavně ve video systémech, ve vektorové grafice nebo rychlých a přesných zdrojích signálů, popří. při přímé číslicové syntéze (ODS). Všechny převodníky D/A mají jedno společné slabé místo, které se podle použitého zapojení a postupu převodu projevuje více či méně intenzivně, a to jsou rušivé impulsy zvané "glitches".

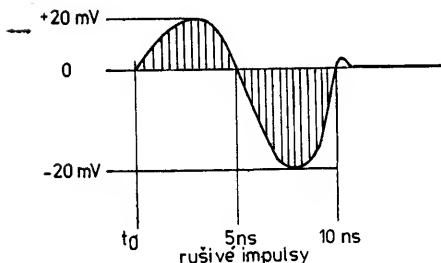
Tyto rušivé impulsy vznikají při

změně číslicového vstupního kódu v důsledku parazitních kapacit a nestejného spínání vnitřních proudových spínačů. Změna napětí řídící elektrody (hradla) vůči emitoru způsobuje přebíjecí pochody v nestejnéch kapacitách kondenzátorů daných přípustnými tolerancemi, čímž se vyvolávají vyrovnávací proudy. V následujícím převodníku proudu na napětí v důsledku tohoto vyrovnávacího proudu vznikají na výstupu napěťové špičky neboli rušivé impulsy "glitch". Velké rušivé impulsy vznikají tehdy, jestliže proudový spínač v převodníku D/A nespíná současně všechny byty. Přechod MSB směrem ke středu rozsahu je nejvíce kritické místo (obr. 20).

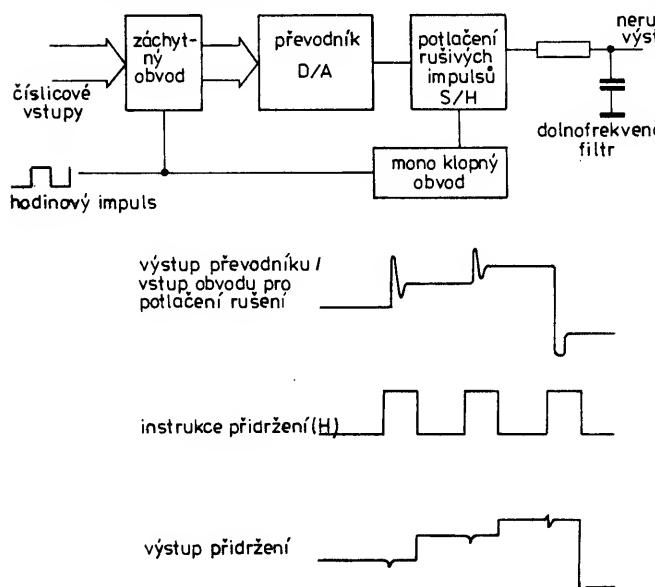
Zavedením filtrace na výstupu je možné pouze zmenšit amplitudu popsaných rušivých impulsů, ne však



Obr. 20. Rušivé impulsy (glitch) při přechodu převodníku D/A ve stavu MSB



Obr. 21. Typický průběh a definice velikosti rušivého impulsu (glitch)
 $G = (G+) - (G-); G+ = 2,5 \text{ ns}, 20 \text{ mV} = 50 \text{ mVns};$
 $G- = 2,5 \text{ ns}, 40 \text{ mV} = 100 \text{ mVns};$
 $G = 50 \text{ mVns} = 50 \text{ pVs}$

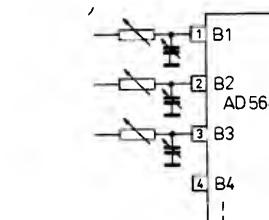


Tab. 3. Zlepšení přesnosti převodníků D/A (AD568) v závislosti na použité řídící logice

Logická řada	Doba náběhu 10 až 90 % [ns]	Doba základu			Energie impulsu "glitch" [pVs]	Napětí náběžné hrany [mV]
		D/A 1 % [ns]	D/A 0,1 % [ns]	D/A 0,025 % [ns]		
TTL	11	18	34	50	2 500	240
LSTTL	11	28	46	80	950	160
STTL	9,5	16	33	50	850	150
HCMOS	11	24	38	50	350	115
FAST	12	16	36	42	1000	250

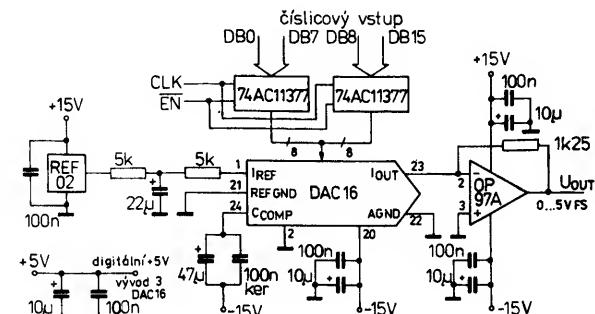
omezit jejich energii, tzn. že se jen prodlouží šířka impulsů. Tento jev může snadno vést k větším zkreslením a nelinéaritám. Účinná metoda vedoucí k účinnému omezení rušivých impulsů vyžaduje zařadit vzorkovací a přídružné zesilovače. Bezprostředně před změnou kódu je vzorkovací a přídružný zesilovač, zvaný též "deglitcher", přiveden do přídružného stavu. Tím jsou rušivé impulsy izolovány od výstupu. Zesilovač bude v přídružném stavu jen tak dlouho, až se převodník D/A převede na novou hodnotu kódu. Obr. 21 ukazuje typický průběh rušivého impulsu "glitch" a jeho definici k údaji v katalogovém listu. Na obr. 22 je úplné blokové zapojení k potlačení popsaných rušivých impulsů s příslušnými průběhy signálů.

V některých případech může druhá, poněkud jednodušší metoda zmenšit velikost rušivých impulsů. Vnějšími filtračními členy RC , zařazenými do obvodů tří číslicových vstupů s největší úrovní, se vytvoří časové zpoždění (obr. 23). Použité rezistory a kondenzátory musí být vyváženy tak, aby impulsy při přechodu kódu z 011...1 na 100...0 a zpět byly co nejmenší. U dvanáctibitového převodníku D/A 30 MHz typu AD568 se popsáným uspořádáním, v němž bylo použito k řízení zmenšení rušivých impulsů hradlo HCMOS, zmenšilo rušivé napětí až na 100 pVs (z původní velikosti 350 až 250 pVs).



Obr. 23. Zpožděné spínání tří bitů MSB pomocí filtrů RC, které slouží ke zmenšení velikosti rušivých impulsů (glitch)

Na obr. 24 je elektrické zapojení rychlého měřicího systému 16 b (500 ns) s velkým rozlišením, který je osazen integrovaným převodníkem D/A DAC16. Na tomto případě je možno ověřit nutnost blokování vstupů z datové sběrnice. Velmi strmé náběžné hrany číslicových vstupních signálů ze sběrnice se velmi snadno přenášejí do analogové části převodníku a způsobují rušivé impulsy a nestabilitu výstupu. Pomocí vnějších bistabilních záhytných obvodů se dosáhne izolace citlivého převodníku od aktivity sběrnice. Přitom se zmenší rozdíl v době zpoždění (tedy zvětšení amplitudy rušivých impulsů) na minimum, jestliže se umístí integrovaný záhytný obvod co nejbližší k vývodům převodníkového obvodu D/A (vzdálenost má být asi 5 mm nebo menší).



Obr. 24. Zapojení rychlého měřicího systému s převodníkem D/A s vysokým rozlišením 16 b s potlačením vazby datové sběrnice a záhytného obvodu

Obr. 22. Skupinové zapojení a průběhy signálů pro potlačení rušivých impulsů (glitch) pomocí jednoho vzorkovacího-přídružného zesilovače

Nakolik bude popsané uspořádání účinně působit v praxi na šumové vlastnosti, závisí navíc na druhu použité logiky. V tab. 3 je přehled různých logických řad a jejich vliv na přesnost a velikost rušivých impulsů "glitch". Popsaná doporučení k úpravě jak elektrického zapojení, tak návrhu desek s plošnými spoji se mohou úspěšně použít rovněž ve spojení s pomalejšími převodníkovými obvody a dále pro převodníky s menším rozlišením. Jsou to však pouze nejzákladnější a nejdůležitější zásady správné práce.

Zmenšení rušení převodníků CMOS D/A

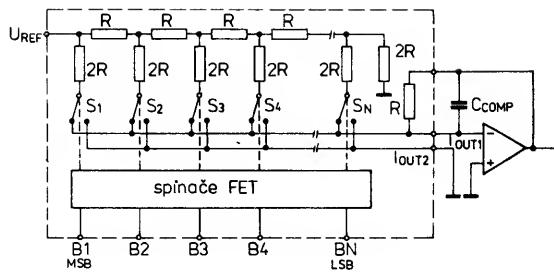
Rozlišení a přesnost převodníků D/A jsou v praxi dvě zcela rozdílné vlastnosti. Často podstatně ovlivňují obě navzájem svázané rušivé veličiny přesnost převodníku. Následující odstavce se zabývají vznikem nejčastějších příčin chyb u převodníků D/A a jejich potlačením. Přitom se vychází z obou provozních podmínek — napěťového nebo proudového módu a jsou podrobně vysvětleny pojmy jako výstupní svodový proud, chyba zisku, rušení impulsy "glitch", chyba linearity, nesymetrie, šum a zkreslení.

Převodníky D/A s rozlišením větším než 12 b jsou již běžně nabízené součástky. Ve spotřební a zvukové technice nelze prakticky nalézt přístroje, které pracují s převodníky s rozlišením "jen" 14 b. To svádí k domněnce, že velké rozlišení a přesnost převodníků je možné snadno zajistit v sériové výrobě. Protože rozlišení a přesnost nejsou identické, stává se, že v katalogovém listu převodníku se specifickým rozlišením 16 b je uváděna přesnost jen 14 b. Je to běžná věc, která nepředstavuje žádnou větší nevýhodu, jestliže se převodník použije v systému, v němž se pracuje jen s malou četností chyb (například v akustickém rozsahu).

Převodník 14 b, přesněji 16 b přináší oproti převodníku s rozlišením 14 b podstatný zisk dynamiky, neboť jeho maximální chyba 16 b se neprojeví v každém použitém kódu. Střední přesnost je tedy větší než 14 b.

Jestliže se v převodníkovém systému nedosáhne specifikované přesnosti, kterou udává výrobce převodníkového obvodu ve vhodném kódu, provozuje se převodník D/A v chybém bodu mimo specifikovanou oblast, popříp. příčinou je chyba v návrhu celého zapojení. Rušivé veličiny, které ovlivňují přesnost převodníku, mohou být různé a neprojeví se ve všech provozních podmírkách stejně intenzivně. Proto ne všechny doporučené úpravy jsou platné ve všech provoz-

Obr. 25. Zjednodušené vnitřní zapojení převodníku CMOS D/A s integrovanou rezistorovou sítí $R/2R$, která se skládá z tenkofilových rezistorů a spínačů FET

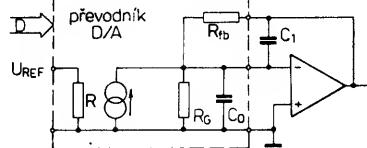


ních podmírkách. Zčásti jsou jevy navzájem silně svázány a jejich izolace je sotva možná. V krátkosti ovšem nelze vymenovat všechny příčiny chyb a navrhnut jejich odstranění. Proto jsou zde popsány jen nejčastěji se vyskytující chyby a pak takové chyby, u nichž optimalizovaný návrh čípu nabízí pomocné konstrukční prostředky k jejich eliminování.

K porozumění chybám se musíme vrátit k základní konstrukci převodníku D/A. Rezistorový dělič $R/2R$ v tenkofilové rezistorové síti a spínače s polem řízenými tranzistory (obr. 25) jsou vyrobeny technologií CMOS. Podle přivedeného číslicového slova (kódu) se bude v rezistorové síti protékající proud dělit do různých sítových větví. Na vývodech OUT1 a OUT2 jej bude možné odebírat. K dosažení výstupního napětí, proporcionálního číslicovému vstupnímu kódu, se používají dva způsoby zapojení — napěťový a proudový mód.

U napěťového módu se přivedené referenční napětí podle použitého datového slova rozdělí mezi výstupy OUT1 a OUT2 a je k dispozici se stejnou impedancí a stejnou polaritou jako referenční napětí na vývodu U_{REF} . Toto napětí se musí popřípadě upravit pomocí operačního zesilovače podle požadavků na celé zapojení. Uvedená metoda funguje jednak pro malá napětí mezi OUT1 a OUT2, jednak má další nevýhody, jako např. větší chybu plného rozsahu nebo špatnou linearity. Pro převodníkové systémy s větší přesností není proto napěťový mód vhodný. Dále k tomu přistupuje skutečnost, že impedance obvodu na vývodech OUT1 a OUT2 není konstantní a referenční napětí se musí proto oddělit zvláštním stupněm. Předností napěťového módu je zúžený rozsah rušivých impulsů a možnost provozu s jedním napájecím napětím.

V proudovém módu může protékat v rezistorové síti proud, pokud je k vývodu U_{REF} připojeno referenční napětí. Podle přivedeného datového slova se proud rozdělí mezi výstupy OUT1 a OUT2. Pro připojený operační zesilovač představuje odpovádící proměnný proudový dělič, který je nastavován číslicovou vstupní informací. Operační zesilovač pracuje jako proudově řízený zdroj napětí a přeměňuje proud, přicházející z výstupu OUT1, podle číslicové vstupní informace na napětí. Výstupní napětí na výstupu operačního zesilovače má

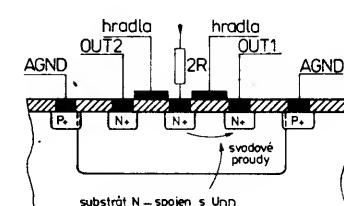


Obr. 26. Náhradní obvod převodníku D/A, který pracuje v proudovém módu ($D U_{REF}/R$)

obrácenou polaritu vůči referenčnímu napětí. Na obr. 26 je náhradní zapojení převodníku D/A s proudovým provozním módem. Všechny další informace a příklady se vztahují na použití převodníku D/A v proudovém módu.

Výstupní svodové proudy

Jestliže se přivede datové slovo "000 . . ." na číslicové vstupy převodníku D/A, nemůže vlastně protékat výstupem OUT1 proud. Totéž platí o výstupu OUT2 při vstupním datovém slovu "111 . . ." Přesto v obou případech protéká určitý proud, který nazýváme svodovým proudem a který způsobuje posunutí výstupní charakteristiky. Svodový proud je vyvolán dvěma důvody, navíc je silně závislý na teplotě. Při teplotě vyšší než $+90^{\circ}\text{C}$ je údaj platný, s přírůstkem teploty o 10K bude přibližně dvojnásobný. Svodové proudy vznikají ve spínačích FET (obr. 27), kterými v rozpojeném stavu protéká svodový proud, neboť pozitivně dotažený prohlubeň, do které jsou uloženy elektrody, není zcela prostá nábojových nosičů a tím je nedokonale izolována. Právě tak stále protéká trvalý svodový proud ze substrátu do prohlubně P. U převodníku MP7637 s rozlišením 16 b je možné tento svodový proud udržet malý i při vysokých teplotách přivedením napětí asi -300 mV .



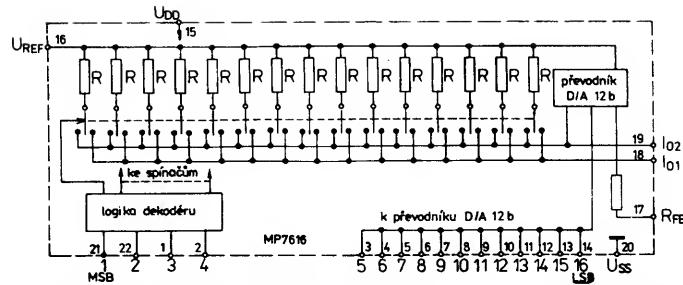
Obr. 27. Řez technologickou strukturou systému spínačů FET převodníku CMOS D/A. Ve spínačích FET vznikají zbytkové proudy, kterými protéká i ve vypnutém stavu zbytkový proud ve směru od emitoru ke kolektoru

V ideálním případě dodává n bitový prevodník D/A maximální výstupní napětí $U_{max} = -U_{ref}$ ($1-2^n$). Protože toto napětí závisí na zpětnovazebním rezistoru R_{fb} a na rezistorové síti, odlišuje se skutečné výstupní napětí od ideální velikosti a to natolik, nakolik přesně se shoduje R_{fb} s rezistorovou sítí. Způsobuje to méně nebo více nakloněná výstupní charakteristika. Tato odchylka od ideální konečné hodnoty rozsahu se nazývá chyba rozsahu (Gain Error). Ponejvíce se udává jako odchylka od ideální hodnoty kroku LSB nebo v procentech. U převodníků CMOS s rezistorovou sítí R/2R je integrován na čipu zpětnovazební rezistor R_{fb} , čímž se dosahuje velmi malé chyby bez vnějšího vyvážení.

U dekódovaných převodníků D/A je vložen navíc "umělý" spínač FET do série s rezistorem R_{fb} . Tím se dosáhne absolutně identického poměru k rezistorové síti, neboť spínač FET v odbočce $2R$ změní svůj odpor v závislosti na přivedeném napětí a teplotě. U bipolárních převodníků D/A, které pracují na principu spínaného proudového zdroje, není rezistor R_{fb} monoliticky integrován. Vnější vyvážení rezistory je nelze obejít. Rezistory však svůj odpor mění s mění se teplotou, přičemž mírou změny je jejich skutečný teplotní součinitel TK. Mění-li se teplota rezistorové sítě a zpětnovazebního rezistoru a tím velikosti odporů, mění se též chyba rozsahu a tím též teplotní součinitel. Pokud jsou rezistorová síť a zpětnovazební rezistor ze stejného materiálu a jsou-li na společném čipu, tzn. mají-li stejnou tepelnou základnu, mění se jejich absolutní velikosti stejnou měrou. Poměr obou údajů zůstává tedy téměř konstantní. Převodník 16 b MP7637 má např. teplotní součinitel chyby rozsahu (Gain Error Temperature Coefficient) jenom 2 ppm/K, tzn. při změně teploty o 10 K se změní konečná hodnota rozsahu převodníku D/A pouze o 0,002 %.

Rušivé impulsy

Rušivé impulsy "glitch" vznikají vazebními a přebíjecími pochody na parazitních kapacitách spínačů FET. Přitom se přenášejí změny úrovně číslicových vstupů kapacitně na výstup. Další příčinou jsou nestejně zapínací a vypínací časy spínačů FET. Při změnách vstupních dat jsou některé spínače v zapnutém stavu, jiné ve stavu ještě nezapnutém. Tak vznikají nedovolené mezistavy, které se zobrazují jako napěťové špičky s krátkou dobou trvání. Vzniklé impulsy jsou přitom o to větší, čím větší je proud, který má příslušný spínač přepnout. Z tohoto důvodu jsou tyto rušivé impulsy, které vznikají přepnutím kódu MSB, zvlášť nebezpečné a v převodníkovém systému mohou působit velmi rušivě. Jsou o to nebezpečnější, že střed pásma, ve kterém se MSB přepíná, je v mno-



Obr. 28. Vnitřní zapojení převodníku D/A 16 b typu MP7616, dekódovaného 4 MSB, v němž se dělí proud v závislosti na čtyřech nejvyšších datových bitech přes 16 rezistorů do 16 dílčích proudů

ha případech použití nejčastější. Především v nf oblasti je střed pásma ponejvíce místo s nejmenší hlasitostí. Znalost toho, že rušivý impuls je o to větší, čímž je větší proud, který se přepíná, vede ke změně struktury rezistorové sítě. Proto se MSB nepřevádí na odboku rezistoru, který přepíná proud podle binární důležitosti na datové vstupy, ale na dekodér.

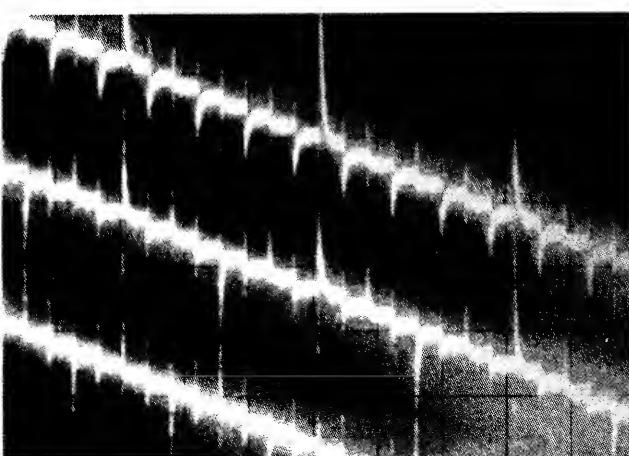
Dekodér dělí proud, který protéká do vlastní rezistorové sítě R/2R v závislosti na velikosti nejvyššího platného bitu, do menších dílčích proudů (viz obr. 28). 16bitový převodník MP7616 se čtyřmi vývody MSB dělí proud, v závislosti na čtyřech nejvyšších datových bitech, přes 16 rezistorů do 16 "dílů". Jemné nastavení pak následuje přes 12bitový převodník D/A s rezistorovou sítí R/2R. Údaje v katalogových listech o rušivých impulsech "glitch", které jsou měřeny přes plný zdvih výstupního napětí, nepřipouštějí v praxi u dekódovaných převodníků žádné vracení energie impulsu v důležitém středu rozsahu. Protože se měření uvádí jen pro určité kombinace převodníku s operačním zesilovačem, můžeme snadno údaje v katalogových listech o energii impulsů glitch zanedbat. U převodníku se čtyřmi vývody MSB je možné v praxi tento údaj zmenšit o činitel 8 oproti nedekódovaným převodníkům D/A (obr. 29). Protože je k dispozici mnoho norem převodníků D/A i v dekódovaném provedení, může přinést nasazení dekódovaného převodníku D/A určité přednosti i v právě vzniklých systémech.

Důležitým činitelem pro zmenšení impulsního rušení je volba vhodného operačního zesilovače, který bývá v tomto případě označován též jako sledovač převodníku D/A. Základní doporučení pro optimální sledovač převodníku D/A neexistují, neboť požadavky jsou velmi různé a v neposlední řadě je rozhodující i ekonomické hledisko. Doporučuje se proto vyzkoušet několik různých typů operačních zesilovačů. Určitý vliv má i zpětnovazební kapacita paralelně připojená k R_{fb} , která má kompenzovat výstupní kapacitu převodníku. Jestliže nekladem obecně velké požadavky na dobu ustálení (Settling Time), tj. dobu, po níž se objeví nastavený údaj na výstupu, může se zvolit tato kapacita poněkud větší než je potřebná. Ta pak zmenší amplitudu rušivých impulsů, impulsy budou širší, přičemž jejich energie bude přibližně stejná.

Chyba linearity nesymetrie

Impedance, která se projevuje na záporném vstupu sledovače převodníku D/A, je závislá na číslicovém vstupním signálu převodníku a průběžně se s ním nemění. S datovým signálem na převodníku D/A se tím mění zesílení smyčky operačního zesilovače, které se společně podílejí na chybě nelinearity. Projevuje se to ve zmenšené diferenční a integrální linearitě, která u operačního zesilovače, který nemá minimalizovanou chybu nesymetrie, vede k chybě monotónie a zakřivení charakteristiky. Chyba monotónie znamená, že zvýšení vstupní hodnoty u některých datových kódů vede místo

Obr. 29.
Osciloskopický záznam tří různých převodníků D/A.
Zřetelně je možné rozpoznat rušivé impulsy "glitch" různé velikosti. Nahoru je nedekódovaný převodník, uprostřed dekódovaný převodník 2 MSB, dole dekódovaný 4 MSB



ke zvýšení vstupní hodnoty k jejímu zmenšení. Nejsilněji se projevuje tento rušivý jev v bodě největší změny impedance, jmenovitě při změnách MSB, tedy uprostřed rozsahu. V tomto bodě je chyba linearity nesymetrie (Noise Gain Error) velmi obdobná impulsu "glitch".

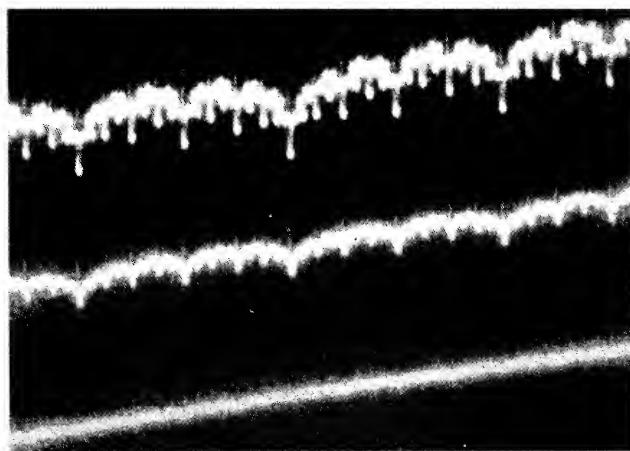
Změny výstupního signálu převodníku D/A je možné pozorovat i na stínítku osciloskopu. Zatímco však rušivý impuls představuje dynamický jev, projevuje se chyba linearity nesymetrie i ve statickém provozu. Rovněž ve vztahu k chybě linearity nesymetrie přináší dekódovaný převodník přednosti, neboť u něj není tak velká maximální změna impedance na výstupu jako u nedekódovaného převodníku. Dobré diferenční linearity je proto možné dosáhnout jednodušším způsobem (obr. 30). Rozhodující součástkou je též operační zesilovač použitý pro sledování převodníku D/A. Zesilovače s menší napěťovou nesymetrií a malým klidovým vstupním proudem pomáhají zmenšit chybu linearity nesymetrie.

Pro lepší pochopení příklad. Nedekódovaný převodník MP7541 způsobuje v daných provozních podmínkách, uvedených v katalogovém listu, chybu diferenční linearity nesymetrie $670 \mu\text{V}/\text{V} \times U_{\text{os}}$. Jesliže se použije sledovač převodníku D/A s napěťovou nesymetrií 1 mV, vznikne chyba diferenční linearity nesymetrie 670 V. Při referenčním napětí 10 V tato chyba odpovídá u 14bitového převodníku odchylce 1 LSB, a je tedy právě platná. Převodník D/A, dekódovaný 2 MSB, tuto chybu zmenšuje na polovinu, převodník 16 b MP7616 se stejným sledovačem převodníku D/A jako v předešlém případě, způsobuje diferenční chybu linearity nesymetrie pouze 65 V. Samotné rozlišení 16 b je právě chyba 1/2 LSB. Dekódovaný převodník D/A může vyloučit použití laserem trimovaného operačního zesilovače, popř. ruční vyvážení nesymetrie trimovacím potenciometrem.

Šum a zkreslení

Převodníky CMOS D/A mají v podstatě velmi malý šum a zkreslení. Ve srovnání s integrovanými převodníky, které se používají v nf technice, převodníky s rezistorovou sítí R/2R nevytvářejí žádný kvantifikovaný šum, jestliže se má udržet konstantní velikost výstupní veličiny. Integrované převodníky mají k tomu ještě rychlosť převodu omezenou náběhovou rychlosťí signálu, tzn., že větší skoky výstupního signálu mohou provádět jen velmi zvolna. Zkreslení, které produkuje převodníky CMOS, je asi — 90 dB, šumové napětí asi 70 nV/Hz^{1/2}. Tyto údaje

Obr. 30.
Osciloskopický záznam chyby linearity ofsetu (chyba šumového zisku).
Nahoře nedekódovaný převodník D/A, uprostřed dekódovaný 2 MSB, dole dekódovaný 4 MSB



jsou ovšem závislé na připojeném operačním zesilovači.

Pravidla návrhu

Výběr špičkových součástek a správné zapojení nejsou ještě zárukou bezvadné funkce špičkových převodníků D/A. Nevhodné geometrické uspořádání součástek na desce s plošnými spoji, nedokonalý napájecí zdroj, zemnění a stínění nebo nevhodné vedení signálových spojů mohou narušit funkčnost systému. Napájecí zdroj má mít co nejmenší šum, přívody k převodníku a připojenému operačnímu zesilovači musí mít malý vnitřní odpor. Blokovací kondenzátory je nejlépe volit jako kombinaci tantalových a keramických kondenzátorů, které se musejí připojit co nejbližší k napájecím přívodům integrovaného obvodu.

Téměř všechny převodníky D/A mají oddělené vývody k zemnění analogové a číslicové části převodníku. Vyžadují rovněž na desce s plošnými spoji dva oddělené zemnicí spoje, které vedou do hlavního zemnicího bodu. Přitom se musí dbát na to, aby tento bod nebyl poblíž součástek, které působí silně rušivě na napájecí přívody. Impedance zemnicích spojů k zemnicímu bodu s malou impedancí se musí zajistit pokud možno co nejmenší. Ideálním případem je bod, do něhož je připojeno přímo napájecí napětí. Jestliže napájecí číslicové části produkuje velký šum, je možné potlačit vazbu číslicového a analogového napájení cívkou nebo rezistorem s malým odporem. Toto opatření se doporučuje použít jen v krajním případě. Podstatně lepší řešení je přepracovat návrh vedení spojů na desce s plošnými spoji.

Velkou pozornost je nutné věnovat referenčnímu napětí, které musí být přesné, teplotně stabilní a bez šumové složky. Výstupní napětí převodníku je na něm přímo závislé. Uspořádání součástek na desce s plošnými spoji se musí volit tak, aby sledovač s operačním zesilovačem byl co nejbližší u obvodu převodníku. Dosáhne se tím co nejkratších spojů proudového výstupu převodníku se vstupy operačního zesilovače s velkou impedancí.

Kompenzační kondenzátor, připojený paralelně k rezistoru R_f, musí být umístěn mezi převodník a sledovač převodníku. Zemnicí spoje musí být vedeny tak, aby procházely mezi analogovými spoji a spoji s velkým průtokem proudu (např. číslicové spoje), čímž se dosáhne dobrého odstínění. Velké stínící plochy, které jsou spojeny se zemí, zmenšují oboustranné kapacitní a indukční ovlivňování vodivých spojů a součástek na desce s plošnými spoji. Dá se říci, že rovněž zmenšuje elektromagnetické ovlivňování z okolí.

Při realizaci převodníkových systémů D/A jako zásuvních kazet do osobních počítačů je třeba věnovat zvlášť velkou pozornost elektromagnetické slučitelnosti. Rychlé sběrnicové systémy a spínané sítové zdroje vyžadují nákladná opatření na odstínění, jestliže výstupní signál převodníku nemá šumět. Právě u spínaných sítových zdrojů je potřebné účinně filtrovat napájecí napětí tak, aby se zabránilo rušení převodníkového systému.

Vezmeme-li v úvahu všechny obtíže, které se vyskytnou, požadujeme-li přesnost větší než 12 b, pak při návrhu systému se doporučuje dobré zvážit, zda je skutečně potřebná přesnost převodníku 14 b nebo 16 b. Ušetří se tím značné finanční prostředky.

Kolikabitový převodník D/A postačí?

Převodníky D/A jsou poslední dobou nezbytnou součástkou každého digitálního zvukového přehrávacího systému, přičemž je lze považovat za skutečně kritickou součástku zařízení HiFi. Převodníky D/A v nich zajišťují choustovité úkoly, neboť převádějí uložená binární slova 16 b na páscích nebo kompaktních deskách (CD) na analogové signály, vhodné k dalšímu zpracování pro poslech lidským sluchem.

V současné době se používají dvě techniky převodu číslicových signálů na analogové, které jsou reprezentovány jednak známým převodníkem s rezistorovou sítí R/2R, jednak převodníkem Oversampled-Noise-

Shaping (ONS). Posledně jmenovaný převodník má dva "podtypy", převodník MASH (byl využit japonským laboratořem NTT) a převodník s proudovými bity (z laboratoří holandského koncernu Philips). Oba tyto převodníky jsou svým návrhem téměř stejné, odlišují se však v uspořádání šumové smyčky (Noise-Shaping).

Převodníky s rezistorovou sítí R-2R byly první součástky, které byly použity v digitálních nf systémech a dosud se v nich používají, i když význam vzorkovacích převodníků v posledních letech roste. U převodníků D/A je základním předpokladem, že každý bit odpovídá hodnotě, která má polovinu velikosti v pořadí následujícího vyššího bitu. Jestliže je tento bit vložen, připočte se proud, jehož velikost určuje odpory rezistorové sítě, k výstupnímu proudu. Výstupní proud se převodníkem proudu na napětí buď vnitřně nebo vnějším integrovaným operačním zesilovačem přemění na napětí. Hlavním problémem uvedeného řešení je přesnost, s níž je možné využít velikost jednotlivých bitů. Protože proudové bity jsou určeny rezistory, závisí přesnost převodníku D/A na přesnosti nastavení rezistorové sítě. Ještě před několika málo lety byla tehdy značná přesnost 14 b prakticky nedosažitelná. Na současném trhu jsou již monolitické převodníky D/A s přesností až 20 b.

Při provozu s velkými signály může být odchylka, způsobená chybou bitové hodnoty velmi malá, při provozu s malými signály může být úměrně větší. Rozdíly mimo vznikají mezi číslicovým zkreslením špatně využívanými rezistory rezistorové sítě převodníku a dále zkreslením nelineárním mechanismem. Analogové zkreslení je často bez problémů a nejvíce se jako diskontinuitní, zatímco zkreslení způsobené nepřesným převodníkem může vykazovat silné diskontinuity v rovnomených odstupech.

Ačkoliv oba druhy zkreslení mohou zajistit velmi dobré vlastnosti při plném rozsahu, při analogovém zkreslení se zvětšuje podíl zkreslení s klesající amplitudou signálu a u digitálního zkreslení zůstává stejný v celém rozsahu amplitudy. To znamená, že celkové harmonické zkreslení, měřeno jako poměr signálu ke složce zkreslení, se zvětšuje s klesající úrovní signálu a rušivý šum bude slyšitelný, bude-li signál dostatečně malý a nelinearita dostatečně špatná. K zamezení těchto slyšitelných výsledků bitových chyb se používá jednoduchý postup. Chyba, která běžně nastává uprostřed kódu převodníku, se posune ze středu na jinou hodnotu. Taktéž mohou malé signály postoupit do lineárnější části převodníku a pouze velké signály v nejhorším případě zasáhnou chybu. Popsanou úpravou se zmenší zkreslení při provozu s malým signálem.

Převodníky MASH a převodníky s proudovými bity

Bez pečlivě využívaných proudů nebo napětí vyrábí převodník MASH i převodník s proudovými bity výstupní signál 1 b s rychlosí hodinového kmitočtu, který je podstatně vyšší než jmenovitý snímací kmitočet 44,1 kHz.

Jsou dvě cesty, jak vysvětlit funkci těchto převodníků. Jedna využívá časového, jedna kmitočtového rozsahu.

Analogový signál 1 b má pouze dvě úrovně, proto chyba kvantování je velmi velká. Protože se však zpracovává velmi vysoký hodinový kmitočet, může se mezi oběma úrovněmi intelligentně přepínat, čímž se většina zkreslení ze záznamu na pásku potlačí. Sinusový signál bude ve skutečnosti signál číslicový, který se přivede na převodník D/A. Výstup 1 b je dále v rozsahu úrovně H, bude-li mít vstupní signál úroveň H, a dále v úrovni L, bude-li vstupní signál v úrovni L. Přesto střední hodnota křivky 1 b sleduje průběh signálu.

Převodníky s proudovými bity stejně jako převodníky MASH používají zpětnovazební smyčku přes kvantovač 1 b (ve skutečnosti je to jen číslicový komparátor). Úpravou se kvantováním posune šum ze slyšitelného rozsahu. Rozdíl mezi převodníky MASH a převodníky s proudovými bity spočívá v uspořádání smyčky. V návrhu převodníku MASH je kaskádní smyčka tvarování šumu, která dodává právě výstupní signál 1 b. Výstup této jednoduché smyčky se přičítá k vícebitovému signálu se snímkovacím kmitočtem asi 3 MHz. Tento vícebitový signál se přemění číslicovou modulací šířky impulsů na jednobitový signál, který vyžaduje velmi vysoký hodinový kmitočet 30 až 50 MHz (závisí na návrháři). U převodníků s bitovými proudy se používá komplexní smyčka, která pracuje s podstatně nižším kmitočtem 6 nebo 12 MHz a která přímo produkuje signál 1 b.

Jaké jsou přednosti a nevýhody?

Popsaný převodník s tvarováním šumu 1 b má velkou přednost proti převodníkům s rezistorovou sítí — dobrou linearity při úrovni L. Protože signál 1 b má pouze dvě úrovně a signál se může vyrábět rychlým přepínáním tam a zpět mezi oběma úrovněmi, působí chyby ve velikosti obou kvantujících stupňů pouze jako chyby nesymetrie nebo chyby zesilovače. Vždy je možné proložit přímkou mezi oběma body. U těchto převodníků překvapuje počet zpětných rezů. Vývojáři, kteří se s tím neztočí, musejí systém integrovat a to ne jednoduchou cestou.

U japonských firem, vyrábějících nf techniku, se vyskytují překvapivé hlasy proti převodníkům MASH, které ne vždy používají převodníky D/A 1 b.

Největší problém spočívá ve skutečnosti, že převodníky D/A 1 b vyrábějí velké rušivé impulsní signály mimo nf pásmo, ty se musí odstranit ještě před dosažením výstupního stupně. Vznikl tak problém v používání analogových filtrů, který se zdá řešitelný vzorkovacím filtrem. Chce-li výrobce zmenšit rušení mimo danou šířku pásmo asi o 100 dB, potřebuje k tomu poměrně strmý analogový filtr, který je spojen s dalšími problémy v podobě fázového posuvu v nf pásmu, dále tolerancemi součástek a komplexností celého zapojení. K omezení problému používá většina výrobců filtry třetího rádu, kterými je možné utlumit rušení asi o 80 dB. S touto velikostí tlumení není mnoho výrobců spokojeno a má pochybnosti o důsledcích intermodulačního jevu v součástkách, které zpracovávají nf signál. Zbývá ještě mnoho problémů, které se musejí zvládnout při praktickém použití převodníků D/A 1 b. V podstatě jde o tyto problémy:

Vysoký hodinový kmitočet. Není snadné vyrobit vhodný signál hodinového kmitočtu v oblasti 50 MHz v sériové výrobě velkého množství převodníků.

Nelinearita výstupních filtrů. Obvykle nf operační zesilovače nejsou určeny pro kmitočty až do několika MHz s ostrými hranami číslicových impulsů. Proto se musejí používat vybrané rychlé a drahé operační zesilovače.

Tóny v šumovém rozsahu. Několik typů převodníků 1 b se vyznačuje tím, že vyrábějí rušivé tóny, není-li na ně přiveden signál. Tyto a další problémy odrazují od používání převodníků 1 b.

Specifikace převodníků D/A

V technických specifikacích a katalogových listech převodníků, které mají spíše charakter propagačních prospektů, nacházíme jen velmi málo informací o skutečné kvalitě převodu v rozsahu nf kmitočtů. Často to vypadá, že mnoho testů bylo vyvinuto jen proto, aby bylo možno publikovat pouze nejlepší výsledky. V nf technice pro spotřební elektroniku jsou tři parametry, které se často uvádějí — rozsah dynamiky, nelineární zkreslení (THD) a poměr signálu k šumu (SNR).

Rozsah dynamiky je definován jako poměr maximální vstupní úrovně a "odhadnoceného" rozsahu šumu, přičemž šum systému je měřen sinusovým signálem s úrovní —60 dB. Měřicí sinusový signál je omezen vhodným filtrem a neovlivňuje měření.

Nelineární zkreslení (THD) je poměr signálu k šumu plus zkreslení při plném signálu, přivedeném na systém.

Poměr signálu k šumu (SNR) je poměr maximálního signálu a šumové-

ho rozsahu nf bez změny číslicového kódu (číslicový kód v klidu). Dynamický rozsah lze vyčít z některých z uváděných informací o šumu a zkreslení při malých signálech, ty však obvykle nerozlišují mezi šumem a zkreslením. Je-li jako dynamický rozsah uváděno velké číslo, je to dobré, neboť pak jsou šum a zkreslení malé. Menší velikost může být způsobena buď analogem šumu zapojení, což je poměrně výhodné, nebo chybou střední hodnoty převodníku A/D, a to je méně dobré.

Informace o nelineárním zkreslení dává hrubý přehled o tom, nakolik je linearita daného převodníku špatná, avšak nerozlišuje mezi analogovým zkreslením a zkreslením špatně vyváženého rezistorového děliče R-2R převodníku. Informace o poměru signálu k šumu udává, nakolik je bez rušení analogová elektronika v převodníku D/A a za ním, neboť se měří se vstupem v klidovém stavu. Tento údaj bývá uváděn jako velké číslo, z něhož se nezíská mnoho užitečného. V případě, kdy začíná hudba a bit kolísat, směšuje se chyba kvantování s analogovým šumem a to i ve velmi dobře navržených zapojeních.

Nedávno se začala využívat nová specifikace, tzv. test audio linearity. V tomto testu se přivádí na zařízení sinusový signál, jehož amplituda v určitém časovém intervalu klesá, a přitom se měří výstupní úroveň. Úzký pásmový filtr potlačí zkreslení a šum a umožňuje měřit "čistou" výstupní úroveň. Poměr mezi výstupní a vstupní úrovní se zaznamenává. U dokonalého převodníku je výsledkem přímka. Převodník, který má problémy s linearitou při malých signálech, vykazuje odchylky od přímky. Tento test dovoluje lépe porovnávat skutečné výsledky s očekávanými, než jak to umožňují dříve popsáne testy.

Existuje mnoho dalších způsobů zjišťování nedostatků převodníků D/A, které lze jen obtížně zjišťovat obvyklým měřením. Nelineární jevy jako např. šumová modulace a tóny závislé na signálu, jsou jen velmi obtížně identifikovatelné běžným měřením. Dobrým způsobem vyhledávání těchto problémů v číslicových nf systémech je přivést na zařízení sinusový signál s proměnnou úrovní a proměnným kmitočtem a vyhodnotit výstupní signál analyzátorem zkreslení. Nelinearitu při malém signálu a jiné důležité chyby je možné jasné rozpoznat, mění-li se amplituda a úroveň.

Volba převodníku D/A musí být vždy velkým kompromisem mezi řadou parametrů. Mnoho převodníků 1 b sice řeší jeden z problémů (nelinearitu při velkém signálu), ale současně

vytvářejí jiné problémy (šum mimo danou šířku pásmu a neštastnou kombinaci hodinového signálu 50 MHz a citlivých nf signálů). Vícebitové převodníky s rezistorovou sítí R-2R se osvědčily před několika lety, jejich nedostatkem jsou velmi velké požadavky na trimování rezistorové sítě. Další vývoj tohoto druhu převodníků je z uvedeného důvodu podmíněn novou dokonalejší a levnější technologií.

Ukázkou použití čtrnáctibitového převodníku ve spojení s číslicovým signálním procesorem v praxi je dále popsáný dvojitý převodník A/D a D/A firmy Philips, který je určen pro telekomunikační terminály a systémy pro zpracování hlasových signálů.

Převodník A/D — D/A 14 b

Úplný monolitický analogově-číslicový a číslicově-analogový převodníkový systém s rozlišením 14 b vyvinula holandská firma Philips Components pod označením PCF5012A. Převodník implementuje užitou techniku proudového bitu a je vhodný pro širokopásmové hlasové systémy CODEC G.722. Pro dvou funkci nevyžaduje vnější vzorkovací a přídružný obvod ani filtrační obvody, protože všechny potřebné filtry jsou integrovány číslicově. Převodník se vyznačuje velmi dobrou linearitou, proto se jeho vlastnosti nezhoršují bez vnějšího trimování. Vzorkovací rychlosť je nastavitelná v rozsahu od 8 do 16 kHz, šířka pásmu analogových signálů je zaručena do 7 kHz. K provozu potřebuje obvod jen několik vnějších součástek.

Na čipu je integrován všeobecný omezovací filtr. Oba převodníky (A/D a D/A) pracují na principu jednobitového interpolačního převodu, který používá kvantované tvarování šumu. Konstrukce čipu integrovaného obvodu je optimalizována pro použití v kombinaci s číslicovým signálním procesorem. Telekomunikační terminály jsou jednou z vybraných praktických aplikací popisované součástky.

Funkční skupinové zapojení obvodu PCF5012 je na obr. 31. Součástka označená PCF5012AP je v plastovém pouzdru DIL28 s 14 vývody ve dvou řadách, zapojení vývodů je na obr. 32. Typ PCF5012AH je v plochém čtvercovém plastovém pouzdru QFP 44 s 11 vývody na každé straně pouzdra, zapojení vývodů je na obr. 33.

Číslicová i analogová část obvodu se napájí kladným napětím 5,0 V, proudová spotřeba analogové části v klidu je pouze 1,7 mA, číslicové části 50 μ A. Referenční napětí je průměrně 50 % použitého napájecího napětí. Jakýkoli šum na referenčním napětí je přímo modulován analogovým signálem. Obvod může na straně vstupů spolupracovat s logikou TTL, vstupní napětí v úrovni L je max. 0,8 V, v úrovni H min. 2,0 V. Kmitočet krystalového oscilátoru lze volit od 3,6 do 8,4 MHz.

Na obr. 34 je navržena konfigurace propojení převodníku PCF5012A ve spolupráci se signálovým procesorem PCB5010 nebo PCB5011, u něhož se využívá sériové rozhraní. Sériový průchod dat je jednokanálový. Navržené zapojení pracuje se systémovým hodinovým signálem (MCO) a se sériovým hodinovým signálem (SCO = 128 x f_s). Systém vyžaduje pouze jeden řídící krystal pro hodinový oscilátor.

Výkonné RAMDAC 64 b pro grafické subsystémy

Sortiment integrovaných obvodů řady VIP (Video Interface Palette) rozšiřuje Texas Instruments o nový zajímavý obvod RAMDAC pro rozhraní 24 b, označený TVP3025. Na společném čipu sdružuje paměť RAM a převodník D/A a nabízí potřebnou rychlosť pro grafické subsystémy s velkou rozlišovací schopností v osobních počítačích a pracovních stanicích. Velkou předností obvodu je velmi příznivý poměr ceny k výkonnosti, který ocení především konstruktéři přístrojů.

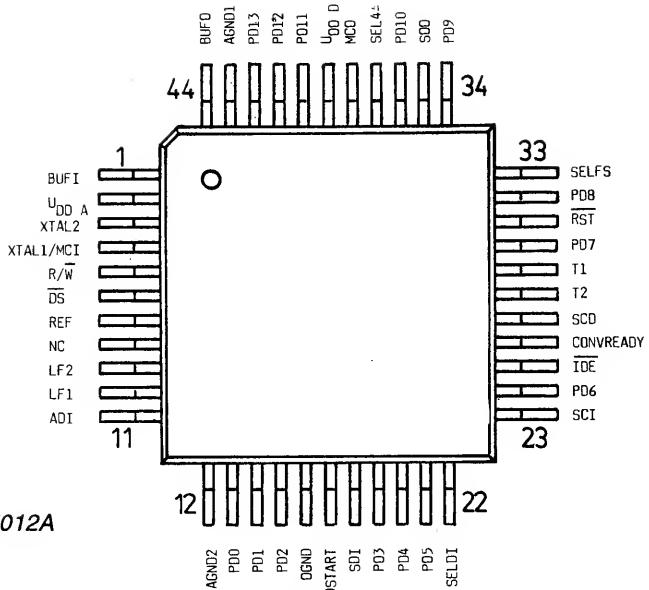
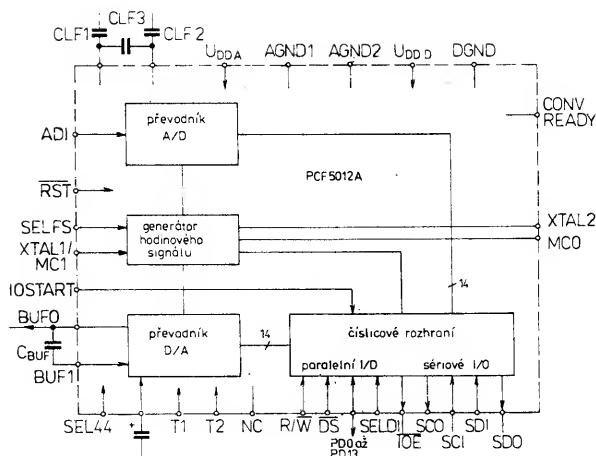
Spolu s přímým rozhraním mezi obvodem grafického řadiče a pamětí VRAM představuje RAMDAC TVP3025 úplný koncový systém. Obvod pracuje s hodinovým kmitočtem 135, 175 nebo 220 MHz a umožňuje věrný barevný mód 24 b se 16 milióny barevných odstínů při rozlišení 1024x768 obrazových bodů nebo věrný barevný mód 16 b se 65 000 barevnými odstíny při rozlišení 1600x1280 bodů.

Úprava současných koncových grafických systémů na nový obvod VIP 64 b je možná bez problémů, neboť je dostatečně programově slučitelný s velmi rozšířenými obvody RAMDAC 32 b, např. s obvodem BT485 firmy Brooktree.

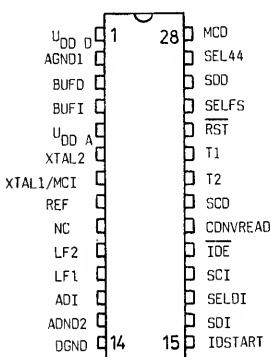
Vysoká hustota integrace

Integrovaný obvod TVP3025, jehož architektura se vyznačuje vysokým stupněm integrace, nabízí na jediném čipu několik funkcí. Tím odpadá používání mnoha diskrétních součástek pro kmitočtovou syntézu a navíc fázová zpětná vazba, takže se šetří místo na desce s plošnými spoji. Šum systému a rušivá napětí jsou rovněž zmenšeny, neboť součástky pro výrobu vysokofrekvenčních signálů jsou integrovány na společném čipu. Obvod je vybaven řadičem rozhraní se dvěma registry podle průmyslového standardu, proto je slučitelný s mnoha používanými grafickými řadiči.

Nový RAMDAC TVP3025 je výsledkem společného vývoje laboratoří Texas Instruments a kalifornské firmy S3, která vyrábí grafické urychlovače pro osobní počítače. Tato firma nyní vyrábí ve své kategorii jedinečné součástky pro grafický urychlovač 64 b typu S3 Vision 964, s nímž dosahuje velké výkonnéosti ve věrných barevných aplikacích s velkým rozlišením.



Obr. 31. Funkční skupinové zapojení převodníku A/D—D/A PCF5012A



Obr. 33. Zapojení vývodů převodníku PCF5012AH

Společnost Number Nine Computer Corporation používá obvod TVP3025 ve svých nových deskách grafických urychlovačů Imagine 128. Čisté programové rozhraní zde slouží ke zjednodušení vývojových prací. Image 128 bylo vyznamenáno na výstavě "Spring Comdex" jako nejlepší nová periferie.

Firma Matrox Graphics používá výkonný obvod RAMDAC ve svém grafickém urychlovači MGA Plus. Díky velmi rychlému převodníku D/A a dalším příznivým vlastnostem obvodu VIP je tato grafická deska vhodná pro výkonově velmi náročné zpracování aplikace windows, multimédiové a 3D.

Nejdůležitější technické vlastnosti TVP3025

Programovatelná šířka sběrnice obrazových bodů: 4, 8, 16, 32 nebo 64.

Programovatelná hloubka obrazových bodů: 1, 2, 4, 8 a Pseudo Color.

Rozlišení a barvy při hodinovém kmitočtu 135 MHz:

Rozlišení a barvy při hodinovém kmitočtu 175 MHz:

Rozlišení 1600x1280 bodů, 65 000 barevných odstínů v módu 16 b. True

Obr. 34. Konfigurace obvodu
PCF5012 ve spolupráci se signálovým
procesorem PCB5010 nebo PCB5011

Color při obrazovém kmitočtu 60 Hz.

Rozlišení a barvy

Rozlišení 1600x1280 bodů, 65 000 barevných odstínů v módu 16 b True Color při obrazovém kmitočtu 72 Hz

Kmitočtová syntéza a fázová zpětná vazba je integrována na čipu. Mód True Color umožňuje korekci Gama. Obvod je vybaven vnitřním zdvojováčem kmitočtu, přepínačem Auxiliary-Window a Color-Key a dále rozhraním VRAM.

Na čipu je ještě integrován hardwarový kurzor 64642, slučitelný XGA, plně okénkový kurzor s vláknovým křížem a mód dvojitého kurzoru. Okraje obrazu jsou nastavitelné. Sběrnice obrazových bodů podporuje datové formáty Big Endian a Little Endian.

Převodníky D/A a A/D s integrovaným rozhraním pro DSP

Číslicové zpracování signálů otevírá zcela nové možnosti v nových obořech měřicí a průmyslové elektroniky, v nichž dosud převažují běžné analógové systémy. K realizaci aplikací číslicového zpracování signálu (DSP) jsou však zapotřebí náročné výpočetní výkony, které jsou dnes již možné s cenově poměrně dostupnými signálovými procesory. Protože mnoha vývojářů se dosud použití číslicových signálových procesorů z různých důvodů zdržuje, jsou následující

odstavce věnovány často obávané problematice rozhraní mezi převodníkem a signálovým procesorem. Zjednodušit tuto problematiku má řada převodníků D/A a A/D, jejíž jednotlivé součástky obsahují integrovanou logiku rozhraní pro přímé připojení ke všem běžným signálovým procesorům.

Ve srovnání s čistě analogově řešeným návrhem zapojení mají systémy pro číslicové zpracování signálu tu přednost, že se mohou realizovat pomocí běžných integrovaných obvodů — číslicových signálových procesorů — programovým řešením libovolné komplexní funkce filtrů. Pomocí konvenční techniky je uvedené zpracování signálu velmi nákladné, pokud je vůbec možné. K tomu přistupuje skutečnost, že technické specifikace číslicových signálových procesorů jsou ve výrobě stoprocentně reprodukované, navíc zcela odpadá časově náročné vyvažování. Případné změny v použití vyžadují zpravidla pouze modifikaci programu a ne jako dosud úpravy celého elektrického zapojení.

Popsané přednosti je možné s výhodou využívat např. v profesionální nf, příp. studiové technice. K tomuto účelu jsou často zapotřebí filtry s přenosovými vlastnostmi, které převyšují charakteristické údaje pevně zapojených standardních filtrů. Z tohoto důvodu přecházejí vývojáři studiových systémů na systémy s číslicovým zpracováním signálu, které v kombinaci se snímacím převodníkovým systémem dovoluje konstrukci velmi strmých, fázově lineárních programovatelných filtrů.

Rovněž v oboru analýzy šumu, popříp. kmitání, které se používá ve strojírenství a výrobě automobilů ke

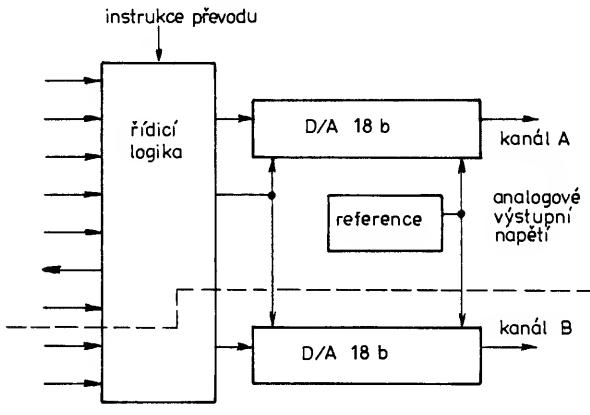
kontrole a řízení strojů a části zařízení, je výhodné přejít na číslicové systémy zpracování signálu. Přesně jako v profesionální studiové technice ani zde nevyhovují pevně zapojené číslicové standardní filtry s Nyquistovým kmitočtem 20 kHz, kterými by bylo možné zpracovávat kmitání ve vysokofrekvenčním rozsahu. Proto strojírenství a automobilový průmysl patří k předním uživatelům systémů s číslicovým zpracováním signálů, hlavně systémů pro analýzu přechodných jevů, které jsou vhodné v uvedeném oboru speciálně pro rozeznávání závad a kvality zpracování mechanických systémů.

Ve srovnání s běžnou technikou pulsní kódové modulace (PCM), která se využívá v analýze a syntéze řeči, speciálně signálů 20 kHz, jsou postupy číslicového zpracování signálu podstatně výhodnější. Postup je možný využitím číslicových signálových procesorů, speciálně při použití vyladěných algoritmů filtrování.

Další podstatná přednost číslicového zpracování informací spočívá v tom, že v systému obsažený DSP může vypočítat a určovat rušení signálu na výstupu zapojení, avšak analogovými součástkami vyvolaná rušení včetně převodníku potlačuje. Tak např. jedním číslicovým filtrem je možné potlačit všechny vysokofrekvenční energetické složky kvantizace LSB, pokud je omezují diferenční nonlinearity převodníku. Rovněž širokopásmové rušení, vyvolávané převodníky A/D a snímacími — přídržnými zesilovači v systému, je možné pomocí číslicového filtru účinně potlačit na nepatrnou úroveň.

Zjednodušené zapojení

Protože signální procesory pracují často s kmitočtem 50 MHz a vyšším, projevuje se návrh rozhraní mezi signálním procesorem a převodníkem dosud jako mimořádně problematický.



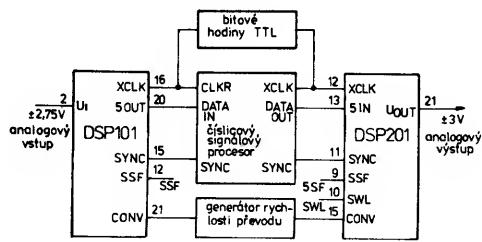
Obr. 35. Zjednodušené zapojení převodníků D/A DSP201 a DSP202. Integrovaná logika rozhraní dovoluje připojení k číslicovému signálovému procesoru bez jinak běžných vnějších součástek

Právě proto bylo v minulosti nutné používat ke konstrukci rozhraní mnoho vnějších součástek, které zvyšují cenu, ale i spolehlivost rozhraní. Těmito problémy se zabývali návrháři integrovaných obvodů různých výrobců.

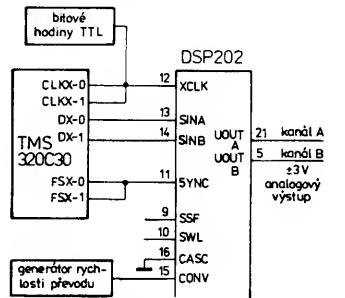
Jedním z nich byli vývojáři firmy Burr-Brown, kteří vyvinuli řadu převodníků D/A a A/D série DSP101, DSP102, DSP201, DSP202. Na čipu je integrována celá jejich logika rozhraní pro přímé zapojení k signálovým procesorům výrobců AT+T, Motorola a Texas Instruments. Blokové zapojení převodníku DSP201, DSP202 a patrné z obr. 35. Úplná logika rozhraní je na čipu integrovaného hradlového pole oddělena. Obě řady převodníků zpracovávají data 16, popříp. 18 b a řídí se sériovými branami 16, 18 nebo 32 b.

Převodníky jsou vybaveny jedním nebo dvěma analogovými vstupy/výstupy. K napájení se používá symetrické napětí 1,5 V. Převodník A/D odpovídá čipu obvodu PCM1750, převodník D/A čipu PCM1700. Jako úprava převodníků PCM se signální procesory používají jen pro dynamické signály. Stejnou vlastnost (jako je stabilita nulového bodu, dlouhodobá tepelná stabilita, chyba zesílení a nesymetrie) nelze však srovnávat s odpovídajícími specifikacemi běžných převodníků. Zcela zvláštní pozornost si u těchto převodníků zaslouží dosažený průměr signálu k šumu, popříp. zkreslení. Tyto vlastnosti se využívají speciálně při analýze a syntéze kmitání.

Přednosti obou řad převodníků DSP201 a DSP202 jsou patrné z příkladu zapojení na obr. 36, kde je znázorněno konvenční zapojení logiky, kterým se paralelní data 16 b ze signálového procesoru přeměňují na sériová data na výstupu DSP201. K buzení převodníku DSP202 datovou sběrnici 32 b je možné použít stejné zapojení ve dvojnásobné produkci. Logické



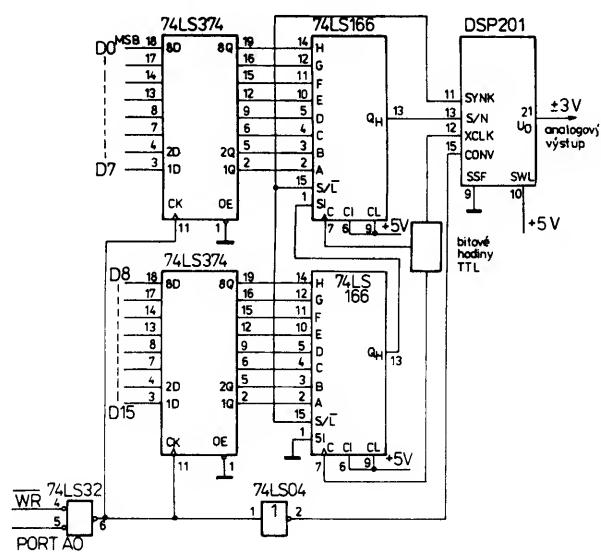
Obr. 37. Jednokanálový systém DSP s převodníky DSP101 a DSP201 vyžaduje minimální požadavky na propojení s integrovaným číslicovým signálovým procesorem



Obr. 38. Způsob připojení číslicového procesoru TMS320C30 se dvěma sériovými vstupními/výstupními branami k oběma vstupům/převodníku DSP202

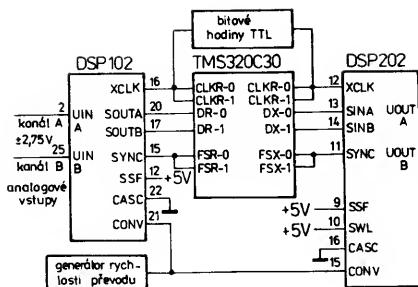
zapojení podle obr. 36 je možné v mnoha případech v důsledku malého počtu hradel implementovat poměrně bez problémů formou hradlového pole nebo do systému zahrnované programovatelné logiky. Použitá bipolární technika v integrovaných obvodech DSP201 a DSP202 slouží ke zlepšení dynamických vlastností a současně k zamezení vlivu rušivých napětí.

Ke stavbě úplného systému číslicového signálového procesoru s analogovými vstupy a výstupy je možné společně využít převodníků D/A DSP201, DSP202 a převodníků A/D DSP101, DSP102. Na obr. 37 je řešení jednokanálového systému DSP,



Obr. 36. Logické zapojení, kterým se mohou paralelní data 16 b číslicového signálového procesoru přeměnit na sériová data převodníkem DSP201

Obr. 39. Ke konstrukci úplného dvoukanálového systému číslicového signálového procesoru s analogovým vstupem a výstupem jsou zapotřebí pouze tři čipy



který se vyznačuje minimálním počtem spojů. Podle stejného principu je možné řešit dvoukanálový systém DSP. Podle zadání pak budou zapojení obsahovat jeden nebo dva signálové procesory 16 b nebo 32 b. Aby při návrhu systému bylo možné pracovat s největší možnou pružností, mohou se oba převodníky D/A aktivovat signálem s odlišným kmitočtem převodu převodníku A/D.

Na obr. 38 a 39 zobrazená zapojení využívají signálových procesorů řady TMS320Cxx výrobce Texas Instruments. Jednoduchost všech znázorněných zapojení dále zvyšuje vývod SSF (Select Synch Formát, vývod 9) signálového procesoru, který se udržuje na úrovni H (+5 V). Po příchodu signálu pro převod generují oba převodníky (DSP201, DSP202) synchronizační impuls, který je aktivní v úrovni H. Synchronizační impuls je možné přivést do aktivní úrovni L přepnutím potenciálu vývodu SSF rovněž do úrovni L. Ve všech případech očekávají oba převodníky data, u nichž je na prvním místě bit MBS. Tuto skutečnost je třeba vzít v úvahu při programování číslicového signálového procesoru.

Způsob připojení DSP TMS320C30 se dvěma sériovými vstupními/výstupními brána k oběma vstupním převodníkům DSP202 je na obr. 38. U tohoto zapojení je možné maximálně zvětšit rychlosť obou kanálů. Protože uvedený procesor může vydávat i slova se šířkou 32 b, je možné oba kanály převodníku DSP202 aktivovat jednou sériovou výstupní bránou na TMS320C30.

Konstrukce úplného dvoukanálového systému s analogovým vstupem a výstupem je na obr. 39. Celý systém je možné realizovat v podstatě pouze se třemi čipy. V zapojení jsou využity obě sériové vstupní/výstupní brány

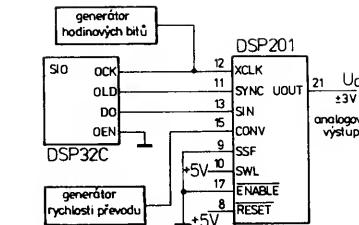
TMS320C30. Převodník DSP202 je využíván v módu 16 b, kterým se zvětší na maximum možná rychlosť průchodu dat v systému.

Na obr. 40 je připojení převodníku DSP201 k signálovému procesoru DSP56001 výrobce Motorola. Systém využívající převodníku DSP202 může pracovat se dvěma signálovými procesory. I v tomto případě se musí signálový procesor naprogramovat tak, aby se nejdříve přenášel bit MSB (Most Significant Bit). Je-li procesor DSP56001 naprogramován ke zpracování slov 16 b, může se délka slov přepnout změnou potenciálu vývodu SWL (Select Word Length) převodníku DSP201, DSP202 na úrovně H.

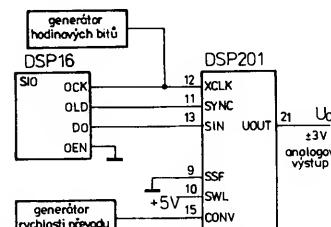
Při provozu DSP56001 s 24 b je možné převodník programovat tak, aby se akceptovala data s délkou 16 b (vývod SWL v úrovni H), popří. 18 b (SWL v úrovni L). Tak zvané bity ve zpětném směru ("Trailing Bits") na sériovém vedení budou ignorovány.

Rovněž vývody SSF převodníku (vývod 9) se při spojení s procesorem DSP56001 pevně připojí k úrovni H. Jakmile převodníky DSP201, DSP202 obdrží signál k převodu, oba čipy vyrobí synchronizační impuls, který je k dispozici na vývodu SYNC (vývod 11). Ačkoliv oba převodníky mezi oběma jednotlivými instrukcemi vystačí k převodu s minimálním počtem hodinových impulsů 24 b, je při kmitočtu hodinového signálu 5 MHz u převodníku D/A maximální aktuální rychlosť větší než 200 kHz ($5 \text{ MHz}/24 = 208,33 \text{ kHz}$).

I při konstrukci systému se signálovým procesorem ADSP2101 nebo ADSP2105 výrobce Analog Devices se musí nejdříve programovat signálový procesor tak, aby se nejdříve přenášel bit MSB. Jak vypadá zapojení procesoru ADSP2105 s převodníkem DSP201, ukazuje obr. 41. Realizovaný



Obr. 42. Zapojení převodníku D/A DSP201 k číslicovému signálovému procesoru 16 b typu DSP32C



Obr. 43. Zapojení převodníku D/A DSP201 k číslicovému signálovému procesoru 16 b typu DSPA16

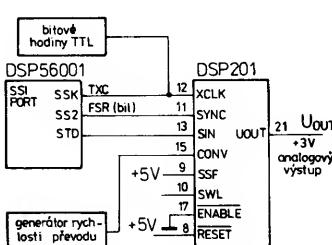
systém číslicového signálového procesoru je možné beze změn použít i s procesorem ADSP2101.

Zapojení systémů DSP se signálovým procesorem DSP16 a DSP32C výrobce AT+T je znázorněno na obr. 42 a 43. Stejně jako u předchozích popsaných příkladů musí i zde procesor přenášet bit MSB. Rovněž vývod 9 převodníku DSP201 musí být pevně spojen s potenciálem L, čímž se může po příchodu signálu k převodu generovat příslušný synchronizační impuls.

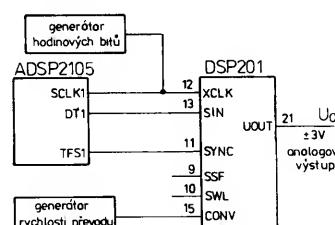
Signálové procesory v obou zapojeních pracují v módě 16 b. Na výstupu DSP201 je analogový signál s úrovni ± 3 V, který se při kmitočtu hodinového signálu 12 MHz a hodinovém cyklu 24 b může aktivovat kmitočtem 500 kHz ($12 \text{ MHz}/24 = 500 \text{ kHz}$). Naproti tomu je možné výstupní signály systému DSP s procesorem DSP32C a převodníkem DSP202 v kaskádně zapojeném dvoukanálovém systému aktivovat při stejném hodinovém kmitočtu a hodinovém cyklu 40 b signálem s kmitočtem 300 kHz ($12 \text{ MHz}/40 = 300 \text{ kHz}$).

Systém pro sběr dat 12 b s napájecím napětím 3 V

Již řadu let se analogové a číslicové obvody, stejně jako součástky pro rozhraní napájejí jedním normalizovaným kladným napětím 5 V. Na trhu však přibývá přenosných přístrojů napájených z baterií, mezi které patří nejen měřicí přístroje, ale i přenosné telefony, počítače, laptop a notebook, u nichž se vyžadují zmenšené rozměry a stále menší hmotnost, aniž by se omezila jejich výkonnost. Základním



Obr. 40. Způsob připojení převodníků DSP201 k číslicovému signálovému procesoru DSP56001



Obr. 41. Návrh realizace systému číslicového signálového procesoru s procesorem ADSP2105 a převodníkem D/A DSP201

požadavkem těchto přístrojů je malý energetický příkon pro napájení vestavěných součástek. Nejvýhodnější je, budou-li se součástky napájet napětím +3 V místo dosud používaných +5 V.

Menší napájecí napětí má přímý vliv na snížení pracovní teploty v důsledku zmenšeného ztrátového výkonu, což se projevuje v prodloužené době života jak součástek, tak celého přístroje. Menší napájecí napětí má za následek i menší prostor pro napájecí baterie. Výsledkem jsou menší vnější rozměry přístroje, snížení provozních nákladů a zlepšení provozní spolehlivosti. Příkon používaných integrovaných obvodů CMOS se zmenšuje se čtvercem napájecího napětí. To znamená, že příkon napájecího systému s napětím 3 V je o 36 % menší, než systému s napětím 5 V.

Aby bylo možné uskutečnit sběr a měření dat v systému s napájecím napětím 3 V, musí se všechny součástky, zpracovávající analogové signály, stejně jako procesory napájet stejně velkým napětím 3 V. Jako příklad je popsán systém zpracování dat D/A 8 b se snímací rychlostí 50 kHz, napájený napětím 3 V, včetně všech potřebných součástek a dosažené přesnosti.

U napájecích systémů s napětím 3 V se využívají dva standardy pro bateriový provoz s napětím 3,3 V a 0,3 V a 3,0 V \pm 0,3 V. Druhý systém se zdá účelnější, neboť toto napětí je možné získat ze dvou suchých baterií 1,5 V. Prvnímu systému s napětím 3,3 V, jak se zdá, dává přednost jako standardu elektronický průmysl. Přispívá tomu skutečnost, že mikroprocesory, jako jsou řady 386, 6800 a ADSP 2103, se mohou napájet napětím 3,3 V. Rovněž sdružení amerických elektronických výrobců JEDEC definovalo napětí 3,3 V jako standard malého napětí s označením JEDEC LV Standard (8.1). Všechny součástky, které jsou dálé popsány, mají elektrické vlastnosti definované při napětí 3,3 V.

Napájecí napětí 3,3 V je možné snadno získat použitím lithiové baterie, která dodává napětí 3,5 V. Předností tohoto řešení je dlouhá doba života, velká kapacita a široký dovolený rozsah pracovní teploty lithiových baterií. Obdobně je možné získat napájecí systém 3,3 V ze tří akumulátorů NiCd se jmenovitým celkovým napětím 3,6 V. Předností tohoto systému je levnější provoz, neboť články NiCd se mohou znovu nabíjet a jejich schopnost častých nabíjecích a vybíjecích cyklů je velká, vybíjecí charakteristika je plochá s možností hlubokého vybíjení bez ohrožení doby života článků.

Číslicově-analogový systém zpracování dat

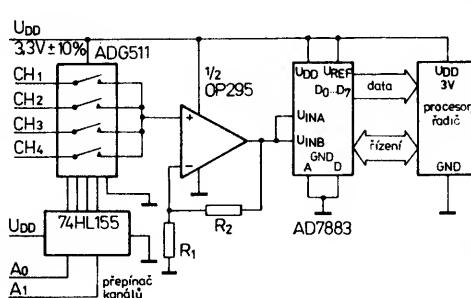
Systém D/A se čtyřmi vstupní

mi kanály v zapojení podle obr. 44 je na vstupu osazen čtyřkanálovým multiplexerem (MUX), složeným ze čtyřnásobného spínače CMOS typu ADG511 a dekódéru 2 na 4 typu 74HL155. Spínač ADG511 je jednopólový přepínač (SPST), jehož elektrické vlastnosti zaručuje výrobce při napájecím napětí +5 V, \pm 5 V a při +3 V. V důsledku svého malého ztrátového výkonu (max. 3 mW při napětí 3 V) se velmi dobře hodí pro bateriový provoz. Jeho další předností je nepatrný srovnový proud 50 pA a vnitřní odpor v sepnutém stavu jen 200 Ω . Vstupní signál může dosahovat úrovně až do velikosti použitého napájecího napětí. To je zvlášť důležité, neboť se nemusí používat přídavné buzení a tím nedochází ke ztrátě odolnosti proti rušení.

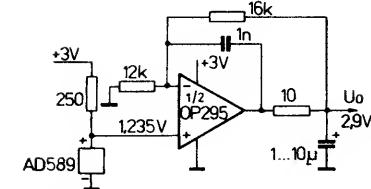
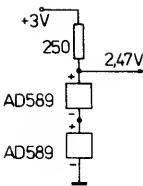
Při provozu jako multiplexer jsou propojeny kolektory na výstupu. Možné to je, neboť doba vypnutí je kratší než doba zapnutí a tím je vyloučen zkrat. Spínač pracuje v rozsahu teplot od -40 do +85 °C a je vestavěn v pouzdru DIL16 nebo SOIC se šestnácti vývody.

Kanál 1 až 4 se volí pomocí vstupů A0 a A1 dekódéru. Signál ze vstupu se pak dostává na neinvertující vstup připojeného operačního zesilovače OP295. Zesilovač pracuje v neinvertujícím provozu se zesílením 1 + R2/R1. Je to dvojnásobný zesilovač typu "Rail-to-Rail", který se může vybudit až do úrovně napájecího napětí. Zatím co se standardním operačním zesilovačem s jedním napájecím napětím může dosáhnout výstupní úroveň max. 1,9 V při zátěži 10 k Ω , dodá zesilovač OP295 výstupní napětí 2,9 V při napájecím napětí 3 V. Protože na velikosti napěťového zdroje závisí hodnota LSB, lze dosáhnout větší odolnosti proti rušení a lepšího odstupu signálu k šumu. Přitom je třeba uvést, že při rozlišení 12 b a vybuzení 2 V je LSB jen 480 mV.

Stejný význam má vybuditelnost k zápornému napájení, při provozu s jedním napájecím napětím při 0 V. Operační zesilovač OP295 odevzdá na výstupu 0 V při nesymetrii max. 500 mV, typicky 100 mV. Příkon při napětí 3 V je pouze 480 mW. Zesílený signál se pak převodníkem A/D typu AD7883 převádí na jedno číslicové slovo 12 b. Tento vzorkovací převodník dosahuje rychlosti převodu 50 kHz



Obr. 44. Návrh zapojení čtyřkanálového systému pro sběr dat s převodníkem AD7883

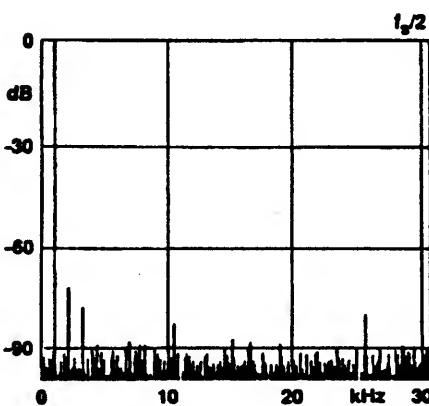


Obr. 45. Zapojení pro výrobu referenčního napětí z napájecího napětí +3 V; a — s výstupním referenčním napětím 2,47 V; b — s výstupním referenčním napětím 2,9 V

a je specifikován ve statickém i dynamickém provozu s napájecím napětím 3 V. Příkon v módu "sleep" je zmenšen z 8 na 1 mW. Může se používat se vstupním rozsahem od 0 do $+U_{REF}$. Pro další zjednodušení se může referenční vstup spojit přímo s napájecím napětím U_{DD} , čímž vznikne napěťový rozsah od 0 do 3 V.

Podle stability napájecího napětí a požadované přesnosti se může vytvořit zdroj referenčního napětí ze dvou sériově spojených dvoupolových referenčních obvodů AD589 a jednoho rezistoru 250 Ω . Tím vznikne zdroj s napětím $2 \times 1,235 V = 2,47 V$. Zapojení zdroje je na obr. 45a. Protože operační zesilovač OP295 má dva zesilovací systémy, může se druhý (nepoužitý) systém použít jako alternativní zdroj referenčního napětí k zesílení napětí 1,235 V z jednoho obvodu AD589 (např. 2,9 V, zapojení obr. 45b).

Šířka pásma systému je určena v podstatě použitým operačním zesilovačem, neboť multiplexer a převodník A/D mají větší šířku pásma. Jako u všech aplikací s malým příkonem je menší příkon na úkor šířky pásma, popří. rychlosti přeběhu operačního zesilovače. Tím je omezena šířka pásma OP295 při velkém signálu na 1 kHz, při malém signálu na 75 kHz. I když se uvedené šířky pásma zdají být malé, prakticky nenastává žádné



Obr. 46. Spektrum FFT s kmitočtem vstupního signálu 1,11 kHz a snímacím kmitočtem 61,44 kHz

omezení. Zvláště u vícekanálových systémů sběru dat bývá potřebná šířka pásma menší. Senzory a měřicí můstky vyžadují např. šířku pásma menší. Senzory a měřicí můstky vyžadují např. šířku pásma pouze několik set Hz.

Na obr. 46 je spektrum FFT při snímací rychlosti 61,4 kHz. Jako vstupní signál slouží sinusový signál s amplitudou 2,2 V a kmitočtem 1,11 kHz. Celkový odstup signál k šumu (včetně veškerého rušení) je asi 67 dB v kmitočtovém pásmu do 30,7 kHz. Úroveň 2. a 3. harmonické leží u -72 dB. Číslicové signály se mohou dále zpracovávat mikroprocesory s napájecím napětím 3 V, např. systémem ADSP 2103. Zde je ovšem nutné dbát na to, že v důsledku malé velikosti LSB se musejí dodržovat kritéria návrhu, jak je tomu běžné u provedení s vybuzením signálem 10 V a rozlišením 16 b. Prakticky to znamená stínit vstupní vodiče, oddělit zem analogové a číslicové strany, oddělit přívody napájecího napětí pro číslicové a analogové součástky a vhodně blokovat každou součástku.

Volba zdroje referenčního napětí

Zdroje referenčního napětí, které se používají ve spojení s převodníky D/A nebo A/D, jsou poměrně jednoduché elektronické součástky, pokud jde o jejich praktické použití. Výběr vhodného typu je velmi jednoduchý, neboť se zpravidla vybírá podle požadovaného referenčního napětí, popříp. přesnosti, pokud nejsou na použitý převodník kladené žádné cílené požadavky. Účelem této kapitoly je ulehčit a zjednodušit výběr s přihlédnutím ke vhodným typům integrovaných napěťových referenčních zdrojů a k obvyklým údajům v katalogových listech různých výrobců. Přehled téměř všech typů integrovaných obvodů, které jsou určeny jako zdroje referenčního napětí, byl zveřejněn v příloze AR-B 1994.

Ve srovnání s mnoha jinými elektronickými součástkami jsou zdroje referenčního napětí velmi odolné vůči změnám napětí na jejich vstupu. Zatím co se u mnoha integrovaných obvodů zbytečně hledá funkční průběh či věrná funkce vzhledem k přivedenému vstupnímu napětí, zdroje referenčního napětí naproti tomu si udržují konstantní výstupní napětí i při změnách vstupního napětí, změnách zatěžovacího proudu, při kolísání teploty a během doby provozu. Protože se skutečné vlastnosti referenčních zdrojů do určité míry odlišují od uvedených ideálních vlastností, je nutné se při výběru vhodného typu zdroje informovat o jeho technických vlastnostech a seznámit se s kritérii jeho výběru.

Napěťově stabilní zdroje

Před použitím napěťově stabilního referenčního zdroje se musí konstruktér seznámit s vlastnostmi standard-

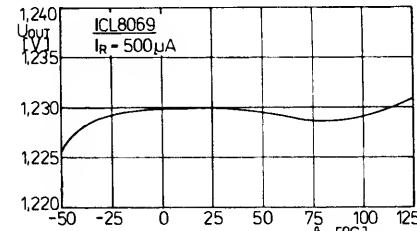
ních primárních článků nebo baterií. Oba tyto napěťové zdroje dají poměrně konstantní výstupní napětí, pokud již nejsou vyčerpané. Jejich výstupní napětí je však teplotně značně závislé, proto se udává pouze při jedné teplotě okolí (zpravidla 25°C).

Jako jeden z běžných polovodičových zdrojů referenčního napětí může posloužit Zenerova dioda. Zenerovou diodou stabilizované napětí není sice dostatečně přesné, je však natolik konstantní, že je lze označit za "pravé" referenční napětí. Použije-li se k napájení Zenerovy diody nestabilizované stejnosměrné napětí, které se na diodu přivádí přes sériový rezistor, poskytuje Zenerova dioda konstantní napětí i při změnách napájecího napětí. Ovšem teplotní součinitel Zenerovy diody, který je závislý na jejím průrazném napětí, je např. při Zenerově napětí 6,3 V poměrně malý. Sériovým zapojením s běžným křemíkovým tranzistorem p-n-p vznikne ze Zenerovy diody známý referenční dioda, jejíž prodejní cena vzhledem ke složitým testům, přizpůsobení a výběru na předepsaný teplotní součinitel s hranicí pod 25 ppm/K je poměrně značná.

Další druh zdroje referenčního napětí vznikne zapojením libovolně vybrané referenční diody s rovněž vybraným operačním zesilovačem ve formě hybridního modulu. Celkem se nazývá zesilovací dioda. Teplotní součinitel zesilovací diody je možné jednoduše nastavit standardní technikou trimování operačního zesilovače. Integrované referenční zdroje napětí MAX670 a MAX671 pracují na popsaném principu zesilovací diody. Jejich použitím se dosáhne teplotního součinitele lepšího než 1 ppm/K při relativně rozumné ceně. Navíc zesilovací diody zjednoduší návrh zapojení, takže při vnitřně nastavitelném proudu Zenerovy diody odpadnou jinak potřebné regulační potenciometry a další vnější součástky. Nastavením zesílení se může nastavit výstupní napětí přesně na 10,000 V nebo 4,096 V, címž se dosáhne nejlepšího možného teplotního součinitele. Další výhodou je, že se může operační zesilovač provozovat se čtyřdrátovým napájením. Vnějším propojením lze vyloučit vliv úbytku napětí. Projeví se to tak, že se referenční napětí uplatní až tehdy, kdy je to skutečně nutné. Tato vlastnost je zvlášť potřebná při aplikacích, v nichž se vyžaduje velmi malý teplotní součinitel. Současně se eliminuje chyba způsobená zemnicí smyčkou (např. ve formě termoelektrického napětí a proudových úbytků na odporu propojovacích drátů nebo vestavěných objímek).

Nástupcem zdroje se Zenerovou diodou je tzv. referenční "bandgap" (referenční zdroj s integrovanou šířkou pásma). Křemíkové diody mají v prostém směru velmi dobře definovaný teplotní součinitel o velikosti 2 mV/K, naproti tomu lze u nich velmi obtížně regulovat napěťovou nesymet-

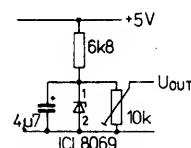
rii. Řešení tohoto problému spočívá v použití jedenácti přesně stejných diod, vyrobených na společném substrátu, které jsou v úzké skupině uspořádány paralelně, čímž se dosáhne lepšího teplotního přizpůsobení. Jedna z diod je uspořádána centrálně. Právě tato dioda a zbývající skupina diod je řízena dvěma identickými proudy, takže centrální dioda pracuje asi s desetkrát větší proudovou hustotou v bodě křížení než skupina deseti diod. Napětí centrální křemíkové diody má záporný teplotní součinitel, zatím co napěťový rozdíl mezi jednotlivou diodou a skupi-



Obr. 47. Minimální změny výstupního napětí v závislosti na teplotě referenčního zdroje typu "band—gap", který má průběh ležícího písmena S

nou diod má kladný teplotní součinitel. Je-li pak rozdíl napětí plus napětí na centrální diodě roven napětí "band-gap" křemíku (tj. 1,205 V), vytvoří součet ideální teplotní součinitel rovný 0 ppm/K (viz obr. 47).

Nejjednodušší a nejlevnější referenční zdroj "band-gap", který působí jako Zenerova dioda, má však menší napětí (1,23 V), je integrovaný obvod ICL8069. Díky malé změně napětí (15 mV) v proudovém rozmezí od 50 mA do 5 mA je tento zdroj vhodný pro



Obr. 48. Zapojení jednoduchého zdroje referenčního zdroje s napětím 1,2 V s možností regulace na napětí menší, jehož hlavní součástkou je obvod ICL8069

spolupráci s integrovanými převodníky, pro které není právě k dispozici vhodný zdroj referenčního napětí se Zenerovou diodou. Praktické zapojení referenčního zdroje s integrovaným obvodem ICL8069 je na obr. 48.

Technické specifikace

Výběr vhodných zdrojů referenčního napětí vyžaduje znalost jak sortimentu jednotlivých typů, dodávaných různými výrobci, tak i jejich technic-

kých specifikací a jejich výklad. Proto jsou dálé popsány některé nejdůležitější parametry.

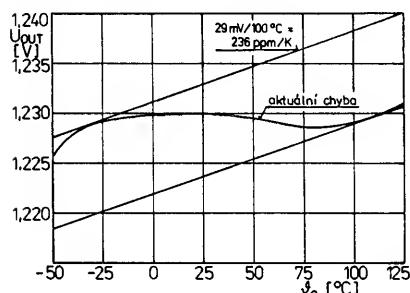
“Turn-On-Drift” — teplotní závislost od okamžiku zapnutí — udává změnu výstupního napětí v pevně určeném časovém intervalu po okamžiku zapnutí v závislosti na teplotě.

“Long-Term-Drift” — dlouhodobá teplotní závislost — udává změny výstupního napětí referenčního zdroje během dlouhodobého trvalého provozu.

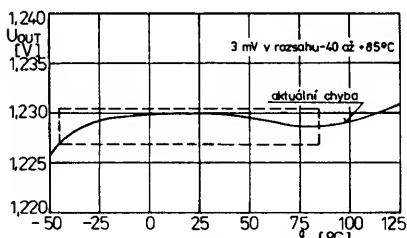
“Stárnutí” — to jsou gradientní změny elektrických vlastností (nejen výstupního napětí), vyvolané difúzí iontů do polovodičového materiálu. Stárnutím se může součástka po delší době poškodit nebo zničit. Tento parametr je porovnatelný s dlouhodobou závislostí na teplotě, která je svým výsledkem náhodná.

Teplotní závislost je změna výstupního napětí v závislosti na pracovní teplotě; měří se v ppm/K nebo %/K. V praxi se uvádějí tři různé metody zjišťování teplenné závislosti:

Metoda strmosti (obr. 49) zjišťuje největší poměr du/dt ve sledovaném teplotním rozsahu.



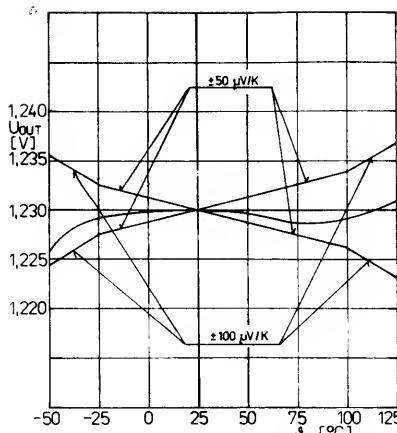
Obr. 49. Metoda strmosti — výstupní napětí v závislosti na teplotě, popisuje maximum poměru du/dt jako přímkou uvnitř grafu



Obr. 50. Metoda okénková — změna výstupního napětí vymezují mezní body okénka v závislosti na teplotě

Metoda okénková (obr. 50) zjišťuje z minimálního a maximálního výstupního napětí ve sledovaném teplotním rozsahu okénko, jehož obsah zaručuje meze teplotní chyby, avšak nevhodnouje absolutní maximum.

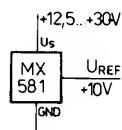
Metoda motýlková (obr. 51) ukazuje při jediném bodě teploty (zpravidla při 25°C) detailní nahromadění mezních dat s daným minimem a maximem.



Obr. 51. Metoda motýlková — prověruje soubor datových bodů výstupního napětí při jmenovité teplotě a omezuje je minimem a maximem

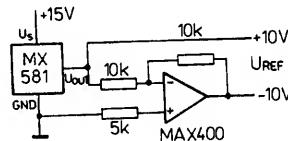
Vlastní oteplení, vyvolané vznikem vnitřního nabíjecího proudu, způsobuje zvýšení teploty a tím vyvolává změny výstupního napětí.

Použitím vnějšího tranzistoru nebo oddělovacího zesilovače je možné teplotní problémy vyřešit nebo alespoň zmenšit. Např. integrovaný obvod MAX670 a MAX671 jsou konstruovány právě pro tento způsob kompenzace. Řada referenčních obvodů MAX676 až MAX678 nabízí možnost konstantního odvodu tepla ihned po okamžiku, kdy se změní nabíjecí proud. Navíc jednotlivé typy řady nabízejí všechna potřebná napětí pro spolupráci s převodníky D/A a A/D 8 b až 14 b a dále pro systémy číslicového zpracování dat.



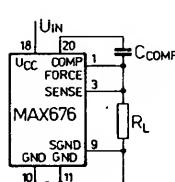
Obr. 53. Zdroj referenčního napětí +10 V v tomto zapojení s integrovaným obvodem MX581 nepotřebuje ke svému provozu žádné vnější součástky

K provozu obvodu není zapotřebí žádých vnějších součástek při dodržení plné přesnosti v celém zaručovaném rozsahu teplot od 0 do $+70^{\circ}\text{C}$, popří. od -55 do $+125^{\circ}\text{C}$ u dražších typů. Typické doporučené zapojení je na obr. 53. Celkový napájecí proud, který integrovaný obvod odebírá v provozu včetně vnitřního oddělovacího zesilovače, je typicky $750 \mu\text{A}$. Popsaný referenční zdroj je vhodný pro spolupráci s převodníky D/A a A/D 8 b až 14 b a dále pro systémy číslicového zpracování dat.



Obr. 54. Zapojení referenčního zdroje s obvodem MX581, k jehož výstupu je připojen operační zesilovač MAX400, odevzdá symetrické výstupní napětí +10 V a -10 V

Připojením vhodného operačního zesilovače k výstupu obvodu MX581, jako např. MX400, je možné vytvořit zdroj kladného a záporného referenčního napětí stejné velikosti +10 V a -10 V podle zapojení na obr. 54.



Obr. 52. Typické zapojení referenčního zdroje s napětím 4,096 V s integrovaným obvodem MAX676, který je ideální ve spojení s převodníky D/A nebo A/D 12 b a 16 b. Ve stejném zapojení pracují obvody MAX677 a MAX678, které mají výstupní napětí +5 V a +10 V; jejich napájecí napětí musí být vždy o něco větší než je jejich výstupní napětí

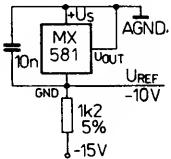
typu od -40 do $+85^{\circ}\text{C}$ nebo od -55 do (125°C) . Dlouhodobá teplotní závislost těchto obvodů je lepší než $10 \text{ ppm}/1000 \text{ h}$. Elektrické zapojení refe-

renčního zdroje s integrovaným obvodem MAX676 je na obr. 52. Dalším z velmi přesných zdrojů referenčního napětí je integrovaný obvod MX581, který pracuje na bázi napěti band-gap a jeho výstup odevzdá referenční výstupní napětí $+10 \text{ V}$. Zdroj je třísvorkový a napájí se z nestabilizovaného zdroje s napětím od $12,5 \text{ V}$ do 30 V . Laserové trimování vymezuje chybu výstupního napětí a teplotní závislost na minimum.

Obr. 55. Zapojení převodníku D/A 10 b s integrovaným obvodem AD7533, MX7533, který spolupracuje s vnějším referenčním zdrojem MX581; jeho výstupní napětí je možné změnit na kladné v rozsahu od 0 do $+10 \text{ V}$, zamění-li se referenční zdroj napětí se záporným napětím -10 V

Praktické zapojení referenčního zdroje MX581 ve spojení s převodníkem CMOS D/A 10 b MX7533 (či AM7533) je na obr. 55. Na výstupu připojeného operačního zesilovače je možné odebírat výstupní napětí záporné od 0 do -10 V, použije-li se referenční napětí +10 V. Požadujeme-li kladné výstupní napětí převodníku, musí se zapojení upravit. Obvod MX581 se pak provozuje jako dvousvorkový zdroj s napětím -10 V v zapojení podle obr. 56. Záporné referenční napětí se připojí rovněž k vývodu U_{REF} převodníku.

Na obr. 57 je jednoduché zapojení



MALÝ KATALOG PRO KONSTRUKTÉRY INTEGROVANÉ ČÍSLICOVÉ-ANALOGOVÉ PŘEVODNÍKY

Vysvětlivky použitých znaků a zkratek:

EDL	chyba diferenční linearity
EG	chyba zlisku
EFS	chyba plného rozsahu
EL	chyba linearity
EN	chyba nuly
ER	chyba relativní přesnosti
EXT	vnější zdroj referenčního napětí
INT	vnitřní zdroj referenčního napětí
I_o	výstupní proud
I_{s+}	proudová spotřeba z kladného zdroje
I_{s-}	proudová spotřeba ze záporného zdroje
P_{tot}	ztrátový výkon celkový
R	rozšíření v [b]
SR	rychlosť priběhu
t_s	doba ustálení
Vst. kód	vstupní kód
U_{CC+}	napájecí napětí kladné
U_{DD+}	napájecí napětí kladné
U_{EE-}	napájecí napětí záporné
U_{IH}	vstupní napětí v úrovni H
U_{IL}	vstupní napětí v úrovni L
U_{IL}	napájecí napětí logiky
U_o	výstupní napětí
U_{REF}	referenční napětí
U_s	napájecí napětí
U_{ss-}	napájecí napětí záporné teplota okolí
β_a	
Ve sloupci „Druh výstupu“:	
B	blipolární
BIM	BIMOS
bm	násobící s oddělovacím vstupem
CM	CMOS
DSP	slučitelný s číslicovým signálním procesorem
Hy	hybridní
L	lineární
LC	slučitelný lineární
M	násobící
m	monolitický
r	rychlý

vr	velmi rychlý
S	sírový
SI	sírové rozhraní
uP	slučitelný s mikroprocesory
xbPR	xbitový port rozhraní

Ve sloupci „Vstupní kód“:

B	binární
Bc	binární komplementární
Bo	ofset binární
Bob	bipolární ofset binární
BCD	binární kódovaný desímkálně
BCDc	komplementární BCD
CBCT	komplementární bipolární kódovaná tabulka
COB	komplementární ofset binární
CSB	komplementární přímý binární
CTC	komplementární binární komplementární
U	unipolární
UCT	unipolární kódovaná tabulka
USB	unipolární přímý binární

Ve sloupci „Druh výstupu“:

I	proudový výstup
Ib	výstupní proud bipolární
lu	výstupní proud unipolární
U	napěťový výstup
Ub	výstupní napětí bipolární
Uu	výstupní napětí unipolární

Ve sloupci „ β_a “ (teplota okolí):

A	-55 až +125 °C
B	-45 až +85 °C
C	-25 až +70 °C
D	0 až +70 °C
F	-40 až +85 °C

Ve sloupci „P“ (pouzdro):

DIP	plastové pouzdro s vývody ve dvou řadách
CDIP	keramické pouzdro s vývody ve dvou řadách
MDIP	kovové pouzdro s vývody ve dvou řadách

SOIC	plastové pouzdro se zmenšenými rozměry, určené pro povrchovou montáž
LCCC	keramický nosič čipu s postranními kontakty pro vývod elektrod
PLCC	ploché plastové pouzdro s bočními vývody

Ve sloupci „V“ (výrobce):

AD	Analog Devices Inc., USA a SRN; zastoupení pro ČR fa Dialog s.r.o., Piešťany, SR
DAT	Datel, Inc., USA; zastoupení pro ČR fa ECD-CZ, s.r.o., Praha 4
HFO	Halbleiterwerk Frankfurt/Oder, SRN
MX	Maxim Integrated Products, Inc., USA a SRN
M	Motorola Semiconductor Products Inc., USA, SRN a Praha; zastoupení pro ČR Elbatex Praha
NS	National Semiconductor Corp., USA, SRN, Anglie; zastoupení pro ČR Elbatex Praha
P	Philips Components, Holandsko a SRN
PMI	Precision Monolithics Inc., USA, nyní Analog Devices Inc., USA, SRN
TI	Texas Instruments Inc., USA a SRN

Ve sloupci „Z“ (zapojení vývodů):

Používají se mezinárodně normalizovaná označení elektrod, systémů a pouzder. Zapojení vývodů převodníků D/A v pouzdro PLCC je u některých typů shodné s převodníky v pouzdro LCCC podle tabulky:

L28-8	shodné s	LC28-8
L28-9	s	LC28-9
L28-10	s	LC28-10
L28-11	s	LC28-11
L28-20	s	LC28-20
L28-24	s	LC28-24

Vážení čtenáři,

vzhledem ke dvojímu zdražení papíru v letošním roce a i k dalším okolnostem, musel nás vydavatel přistoupit ke zdražení AR obou řad - AR řady A i B bude tedy v příštím roce stát 20,- Kč. Aby se však zdražení dotklo našich stálých čtenářů co nejméně, rozhodl se vydavatel zvýhodnit předplatitele našich časopisů - pro toho, kdy si objedná AR v administraci vydavatele, bude stát jedno číslo časopisu prakticky totéž, co v minulém roce, tj. 15.-Kč.

Objednací lístek je na poslední straně tohoto čísla AR řady B a bude uveřejněn i v AR řady A, č. 12. Předplatitelé budou zvýhodněni i jinak - viz text k objednacímu lístku.

Objednací lístek pro naše slovenské čtenáře je na předposlední straně tohoto čísla AR řady B - prosíme, nepřehlédněte, zvýhodnění předplatitelů na Slovensku je rovnoměrně se zvýhodněním českých čtenářů.

Celoroční předplatné je pro všechny čtenáře dálé výhodné i tím, že ať již během roku dojde k jakýmkoli cenovým pohybům, dostanou naše časopisy za cenu, odpovídající předplatnému.

A na závěr: co najdete v příštím roce v Amatérském radiu řady B?

Smluvně jsou zajištěny:

AR B1/95 - Zajímavá a praktická zapojení (Tachometr a osvětlení jízdního kola, Síťové časové spínače, Magnetometr, Antennní zesilovač pro VKV II, Běžící světlo jako ukazatel směru, Detektor lží atd. + dokončení příkladů zapojení s IO 555), AR B2 a B3 - Cívky a transformátory (praktický průvodce), dále Měniče stejnosměrného napětí na jiné stejnosměrné napětí, Technika plošné montáže, zbyvalící číslo je v současné době v jednání (pravděpodobně Začínáme s PC nebo Spínané zdroje). Red.

TYP	R	Druh	Port	V _A	t _{SR} [μs]	V _{st.kód}	U _{REF}	EG [%FS]	θ _a	U _S	U _{CC}	U _{EE}	P _W [mW]	θ _a	U _S	U _{CC}	U _{EE}	U _o	z	Držák	EL [LSB]	EDL [LSB]	P	V	Z
	[b]						[V]	[mLSB]		U _{DD}	U _{DD}	U _L	max	[V]	I _S	I _S	I _S	I _o			[%FS]	[%FS]			
AD390JD	12	uP, B	4	4 < 8	10	INT	0,1	D	0/18	0/18	25+	25	15	2	0,8	10b	Ub	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-1			
AD390KD		12uP			0,05		D	0/18	0/18	25	25	15	2	0,8	10b	Ub	0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-1				
AD390SD					0,1		A	0/18	0/18	25	25	15	2	0,8	10b	Ub	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-1				
AD390TD					0,05		A	0/18	0/18	25	25	15	2	0,8	10b	Ub	0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-1				
AD394JD	12	uP,CN,m	4	10 < 15	10		0,1	D	0,3-/17	0,3-/17	750	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-2			
AD394KD		12uP			0,05		D	0,3-/17	0,3-/17	28+	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-2				
AD394SD					0,1		A	0,3-/17	0,3-/17	22-	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-2				
AD394TD					0,05		A	0,3-/17	0,3-/17	25	25	15	2,4	0,8	0/10	Ub	0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-2				
AD395JD	12	uP,CM,m	4	10 < 15	10		0,1	D	0,3-/17	0,3-/17	750	25	15	2,4	0,8	0/10	Ub	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-2			
AD395KD		12uP			0,05		D	0,3-/17	0,3-/17	20+	25	15	2,4	0,8	0/10	Ub	0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-2				
AD395SD					0,1		A	0,3-/17	0,3-/17	22-	25	15	2,4	0,8	0/10	Ub	0,75	0,75	CDIP28	AD	D28-2				
AD395TD					0,05		A	0,3-/17	0,3-/17	25	25	15	2,4	0,8	0/10	Ub	0,5	0,5	CDIP28	AD	D28-2				
AD396JD	14	uP,CM,m	4	10 < 15	10		0,1	D	0,3-/17	0,3-/17	780	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	2	2	CDIP28	AD	D28-3			
AD396KD		8uP			0,05		D	0,3-/17	0,3-/17	28+	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	1	1	CDIP28	AD	D28-3				
AD396SD					0,1		A	0,3-/17	0,3-/17	22-	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	2	2	CDIP28	AD	D28-3				
AD396TD					0,05		A	0,3-/17	0,3-/17	25	25	15	2,4	0,8	10b	Ub	1	1	CDIP28	AD	D28-3				
AD557JN	8	uP,B,PORT	1	0,8-1,5		INT	1	D	0/18		450	25	5+	2	0,8	0/2,56	Uu	2,5*	1*	DIP16		D16-1			
AD557JP		8uP						D	0/18		25+	25	5+	2	0,8	0/2,56	Uu	2,5*	1*	PLCC20	AD	L20-1			
AD558JD	8	uP,B,PORT	1	0,8-1,5		INT	0,5*	D	0/18		450	25	5..15	2	0,8	0/2,56	Uu	1,5*	1*	TO116C	AD	D16-2			
AD558JN					0,5*		D	0/18		25+	25	45..16,5	2	0,8	0/10	Uu	1,5*	1*	DIP16	AD	D16-2				
AD558JP					0,5*		D	0/18		25	25	11,4..16,5	2	0,8	0/10	Uu	1,5*	1*	PLCC20	AD	L20-2				
AD558KD					0,25*		D	0/18		25	25					0,5*	0,5*	TO116C	AD	D16-2					
AD558KN					0,25*		D	0/18		25	25					0,5*	0,5*	DIP16	AD	D16-2					
AD558KP					0,25*		D	0/18		25	25					0,5*	0,5*	PLCC20	AD	L20-2					
AD558SD					0,5*		A	0/18		25	25					1,5*	1*	TO116C	AD	D16-2					
AD558TD					0,25*		A	0/18		25	25					0,5*	0,5*	TO116C	AD	D16-2					
AD561JD	10	B,r	1	0,25		INT	0,5*	D	4,5/16,5	10,8/16,5	10+	25	15..5+	2	0,8	1,5/2,4*	Uu	0,5	0,5*	CDIP16	AD	D16-3			
AD561JN					0,5*		D	4,5/16,5	10,8/16,5	16-	25	15..5+	2	0,8	0,75/1,2*	Uu	0,5	0,5*	DIP16	AD	D16-3				
AD561KD					0,25*		D	4,5/16,5	10,8/16,5	25	25	15..5+	2	0,8	0,75/1,2*	Uu	0,25*	0,25*	CDIP16	AD	D16-3				
AD561KN					0,25*		D	4,5/16,5	10,8/16,5	25	25	15..5+	2	0,8	0,75/1,2*	Uu	0,25*	0,25*	DIP16	AD	D16-3				
AD561SD					0,5*		A	4,5/16,5	10,8/16,5	25	25	15..5+	2	0,8	0,75/1,2*	Uu	0,25*	0,25*	CDIP16	AD	D16-3				
AD561TD					0,25		A	4,5/16,5	10,8/16,5	25	25	15..5+	2	0,8	0,75/1,2*	Uu	0,125*	0,125*	CDIP16	AD	D16-3				
AD562AD/BCD	3dig	B,BCD	1	1,5		EXT	C	4,75/15,8	15-	18+	25	15..5+	2	0,8	1,6/2,4*	Uu	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1				
AD562AD/BIN	12	B					D	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,8/1,2*	Uu	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1					
AD562KD/BCD	3dig	B,BCD					D	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1					
AD562KD/BIN	12	B					D	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-1					
AD562SD/BCD	3dig	B,BCD					A	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,01*	0,01*	CDIP24	AD	D24-1					
AD562SD/BIN	12	B					A	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,25*	0,25*	CDIP24	AD	D24-1					
AD563AD/BCD	3dig	B,BCD	1	1,5		2,5	D	4,75/15,8	15-	20+	25	15..5+	2	0,8	1,6/2,4*	Uu	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2				
AD563AD/BIN	12	B					D	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,8/1,2*	Uu	0,5*	0,5*	CDIP24	AD	D24-2					
AD563KD/BCD	3dig	B,BCD					D	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,25*	0,25*	CDIP24	AD	D24-2					
AD563KD/BIN	12	B					D	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,25*	0,25*	CDIP24	AD	D24-2					
AD563SD/BCD	3dig	B,BCD					A	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,25*	0,25*	CDIP24	AD	D24-2					
AD563SD/BIN	12	B					A	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,25*	0,25*	CDIP24	AD	D24-2					
AD563TD/BCD	3dig	B,BCD					A	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,25*	0,25*	CDIP24	AD	D24-2					
AD563TD/BIN	12	B					A	4,75/15,8	15-	25	15..5+	2	0,8	0,55	Uu	0,25*	0,25*	CDIP24	AD	D24-2					
AD565AJD	12	B,r	1	<0,4	10		0,5	D	11,4/16,5	11,4/16,5	5+	25	15b	2	0,8	1,6/2,4*	Uu	0,5	0,5*	CDIP24	AD	D24-3			
AD565AKD					0,25		D	11,4/16,5	11,4/16,5	18-	25	15b	2	0,8	0,8/1,2*	Uu	0,25	0,25	CDIP24	AD	D24-3				
AD565ASD					0,5		A	11,4/16,5	11,4/16,5	25	25	15b	2	0,8	0,5/ 0/10	Uu	0,5	0,5*	CDIP24	AD	D24-3				
AD565ATD					0,25		A	11,4/16,5	11,4/16,5	25	25	15b	2	0,8	0,5/ 0/10	Uu	0,25	0,25	CDIP24	AD	D24-3				
AD566AJD	12	B,r	1	<0,35	10	EXT	0,5	D	11,4/16,5	11,4/16,5	18-	25	15-	2	0,8	1,6/2,4*	Uu	0,5	0,5*	CDIP24	AD	D24-4			
AD566AKD					0,25		D	11,4/16,5	11,4/16,5	25	25	15-	2	0,8	0,8/1,2*	Uu	0,25	0,25	CDIP24	AD	D24-4				
AD566ASD					0,5		A	11,4/16,5	11,4/16,5	25	25	15-	2	0,8	0,5/ 0/10	Uu	0,5	0,5*	CDIP24	AD	D24-4				
AD566ATD					0,25		A	11,4/16,5	11,4/16,5	25	25	15-	2	0,8	0,5/ 0/10	Uu	0,25	0,25	CDIP24	AD	D24-4				
AD568JQ	12	B,vr	1	0,035		INT	1	D	0/18	0/18	32+, 8-	25	15b	2-7	0,8	0/10,24	Uu	0,5	1	CDIP24	AD	D24-5			
AD568KQ							D	0/18	0/18	25	15b	15b	2-7	0,8	5,12	Uu	0,25	0,5	CDIP24	AD	D24-5				
AD568SQ							A	0/18	0/18	25	15b	15b	2-7	0,8	0/1,024	Uu	0,5	1	CDIP24	AD	D24-5				
AD569AD	16	BIM 8,16uP	1	3-5	5b*		C	0,3-/18	0,3-/18	13+, 13-	25	12b	2-5,5	0,8	5		Ub	0,04\$	1	CDIP28	AD	D28-4			
AD569BD							C	0,3-/18	0,3-/18	13+, 13-	25	12b	2-5,5	0,8	5		Ub	0,024\$	0,5	CDIP28	AD	D28-4			
AD569JN							D	0,3-/18	0,3-/18	13+, 13-	25	12b	2-5,5	0,8	5		Ub	0,04\$	1	PLCC28	AD	D28-4			
AD569JP							D	0,3-/18	0,3-/18	13+, 13-	25	12b	2-5,5	0,8	5		Ub	0,04\$	1	PLCC28	AD	L28-1			

TYP	R	Druh	Počet IIA	t_s [μs] SR* [V/μs]* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS]	θ_a [°C]	U_s U_{CC} , U_{DD} , max [V]	U_{EE} - U_L , max [V]	P_{tot} [mW] I_{S+}, I_{S-} max [mA]	θ_a [°C]	U_s U_{CC} , U_{DD} , U_{SS-} max [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o [V]; [mA]*	Druh výstu	EL [LSB] [%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z		
			[b]																				
AD664KN-BIP	12	BIM	4	8<10	10*	5	D				25						Ub	0,5	0,75	DIP28	AD	D28-5	
AD664KN-UNI		m					D				25						Ub	0,5	0,75	DIP28	AD	D28-5	
AD664KP		12JP					D				25							0,5	0,75	PLCC44	AD	L44-1	
AD664SD-BIP	12	BIM	4	8<10	10*	7	A				25						Ub	0,75	1	CDIP28	AD	D28-5	
AD664SD-UNI		m					A				25						Ub	0,75	1	CDIP28	AD	D28-5	
AD664TD-BIP	12	BIM	8<10	10*	5	A					25						Ub	0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-5	
AD664TD-UNI		12JP					A				25						Ub	0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-5	
AD667AD	12	B,UP	1	3<4	10	0,2*	C	18b			1000	25	15b	2	0,8	2,5,5,10 5,10	Ub	0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-6	
AD667BD							D				25						Ub	0,25	0,5	CDIP28	AD	D28-6	
AD667JN							D				25							0,5	0,75	DIP28	AD	D28-6	
AD667JP							D				25							0,25	0,5	PLCC28	AD	L28-2	
AD667KN							A				25							0,5	0,75	DIP28	AD	D28-6	
AD667KP							A				25							0,25	0,5	PLCC28	AD	L28-2	
AD667SD							A				25							0,5	0,75	CDIP28	AD	D28-6	
AD667SE							A				25							0,75	0,75	LCC28	AD	L28-2	
AD668AQ	12	M,B,vr	1	0,025 B,OB	1	1*	F	18b			670	25	15b	2	0,8	0,1,024 0,512	Ub	0,5	0,5	CDIP24	AD	D24-6	
AD668AQ							D				25						Ub	0,5	1	CDIP24	AD	D24-6	
AD668KQ							D				25							0,25	0,5	CDIP24	AD	D24-6	
AD668SQ							A				25							0,5	0,5	CDIP24	AD	D24-6	
AD669AN	16	BIM	1	8<13	10	0,15	F	0,3<17	0,3<17		1000	25	15b, $U_{LL}=15$	2	0,8	0/10 10	Ub	2	2	DIP28	AD	D28-7	
AD669AQ		UP					F				25						Ub	2	2	CDIP28	AD	D28-7	
AD669AR							F				25							2	2	SO28	AD	SO28-7	
AD669BN							F				25							1	1	DIP28	AD	D28-7	
AD669BQ							F				25							1	1	CDIP28	AD	D28-7	
AD669BR							F				25							1	1	SO28	AD	SO28-7	
AD669SQ							A				25							2	2	CDIP28	AD	D28-7	
AD766AN	16	BIM, DSP	1	1,5		2	F	0/13,2	0/13,2			F	5b	2	0,8	3b,0,12 1b,0,3*	Ub			DIP16	AD	D16-4	
AD766JN							D					D									DIP16	AD	D16-4
AD766SD							A					A									CDIP16	AD	D16-4
AD767AD	12	B	1	3<4	10	0,2	C	0/18	0/18		1000	25	15b	2	0,8	2,5,5,10 5,10	Ub	1	1	CDIP24	AD	D24-7	
AD767BD							C				25						Ub	0,5	1	CDIP24	AD	D24-7	
AD767JN							D				25							1	1	DIP24	AD	D24-7	
AD767JP							D				25							1	1	PLCC28	AD	L28-3	
AD767KN							D				25							0,5	1	DIP24	AD	D24-7	
AD767KP							D				25							0,5	1	PLCC28	AD	L28-3	
AD767SD							A				25							1	1	CDIP24	AD	D24-7	
AD1139J	18	H, r	1	6u, 8b	-10	0,01u*	D	5+, 15b			25	15b	5+, 5*	3,5	0,8	1* 0,5* 5,10 5,10	Ub	1	0,5	CDIP32	AD	D32-1	
AD1139K							D				25						Ub	0,5	0,5	CDIP32	AD	D32-1	
AD1851N	16	PCM CMOS	1	1	THD+N 0,008 0,004 0,008 0,004	1	D	0/6,5	0/6,5		100	25	5b, 5+	2	0,8	3+-0,12 1*	Ub			0,001	DIP16	AD	D16-5
AD1851N-J							D										Ub			DIP16	AD	D16-5	
AD1851R							D												SO16	AD	SO16-5		
AD1851R-J							D												SO16	AD	SO16-5		
AD1856N	16	PCM CMOS	1	1	0,008 0,004 0,0025 0,008 0,004 0,0025	2	B	4,5/13,2	4,75/13,2		150	25	5b, 5-	2,4	0,8	3 1* $f_{CL}>10MHz$	Ub			0,001	DIP16	AD	D16-6
AD1856N-J							B										Ub			DIP16	AD	D16-6	
AD1856K							B												SO16	AD	SO16-6		
AD1856R							B												SO16	AD	SO16-6		
AD1856R-J							B												SO16	AD	SO16-6		
AD1856R-K							B												SO16	AD	SO16-6		
AD1860N	18	PCM BIC	1	1	0,008 0,004 0,0025 0,008 0,004 0,0025	2%	D	0/13,2b	$U_L=0/13,2$		318	25	5b, $U_L=5b$	2	0,8	3b,0,12 1* $f_{CL}>12,5MHz$	Ub			0,001	DIP16	AD	D16-6
AD1860N-J							D										Ub			DIP16	AD	D16-6	
AD1860N-K							D												DIP16	AD	D16-6		
AD1860R							D												SO16	AD	SO16-6		
AD1860R-J							D												SO16	AD	SO16-6		
AD1860R-K							D												SO16	AD	SO16-6		
AD1861N	18	PCM CMOS	1	1	0,008 0,004 0,008 0,004	1	D	0/6,5	0/6,5		100	25	5b, 5+	2	0,8	3+-0,12 1*	Ub			0,001	DIP16	AD	D16-5
AD1861N-J							D										Ub			DIP16	AD	D16-5	
AD1861R							D												SO16	AD	SO16-5		
AD1861R-J							D												SO16	AD	SO16-5		
AD1861N	20	BIC	1	0,35	0,0025 0,0016	1%	B	10,8/13,2	$U_L=4,75/13,2$	372	25	12b	2	0,8	1* $f_{CL}>17MHz$	Ub				DIP16	AD	D16-7	
AD1862N-J							B										Ub			DIP16	AD	D16-7	
AD1864N	18	BIC	2		0,006 0,004 0,0025 0,006 0,004	1%	D	4,75/13,2	$U_L=4,75/13,2$	265	25	5b, $U_L=5b$	2	0,8	3b,0,12 1* $f_{CL}>12,7MHz$	Ub				DIP24	AD	D24-8	
AD1864N-J							D										Ub			DIP24	AD	D24-8	
AD1864K							D												SO16	AD	SO28-1		
AD1864P							D												PLCC28	AD	LC28-1		
AD1864P-J							D												PLCC28	AD	LC28-1		
AD1865N	18	BIC	2		0,006 0,004 0,006 0,004	1%	B	0/6	$U_L=0/6$	260	25	5+, $U_L=5b$	2	0,8	3b,0,06 1* $f_{CL}>13,5MHz$	Ub				DIP24	AD	D24-9	
AD1865N-J							B										Ub			DIP24	AD	D24-9	
AD1865R							B												SO28	AD	SO28-1		
AD1865R-J							B												SO28	AD	SO28-1		
AD1866N	16	BIC	2		0,01 0,01	3%	F	3,5/5,25	$U_L=3,5/5,25$	65	25	5+	2,4	0,8	1 $f_{CL}>13,5MHz$	Ub				DIP16	AD	D16-8	
AD1866R							F												SO16	AD	SO16-1		

TYP	R	Druh	Počet DIA	ζ [μs] SR* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS]	ϑ_A [°C]	U_S U_{CC+} max [V]	U_{EE-U_L} max [V]	P_{tot} [mW] I_{SS}, I_{L} max [mA]	θ_A [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+} max [V]	U_{IH} min [V]	U_{IL} max [V]	U_o I_o [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB] EN* [LSB]	P	V	Z
	[b]																				
AD1868N	18	BIC	2		0,008	1%	F	0/6	$U_L=0/6$		25	5+	2,4	0,8	1	$t_{CL}>13,5MHz$	Ub		DIP16	AD	D16-8
AD1868N-J					0,006														DIP16	AD	D16-8
AD1868R					0,008													SO16	AD	SO16-1	
AD1868R-J					0,006													SO16	AD	SO16-1	
AD7111BQ	0	Dělíc UI CMOS	1	[dB] 0/60	[dB] 0,15	C	0/7*			450	25	5	2,4	0,8	$I_{oA}=0$			CDIP16	AD	D16-9	
AD7111CQ				0/72	0,1	C											CDIP16	AD	D16-9		
AD7111KN				0/60	0,15	D											DIP16	AD	D16-9		
AD7111LN				0/72	0,1	D											DIP16	AD	D16-9		
AD7111TE/883				0/60	0,15	A											LCCC20	AD	LC20-1		
AD7111TQ				0/60	0,15	A											CDIP16	AD	D16-9		
AD7111UQ				0/72	0,1	A											CDIP16	AD	D16-9		
AD7118BQ	1,5dB	Dělíc UI CMOS	1	0,42	C	0/17*				450	25	5+	3	0,8	13,5	1,5		CDIP14	AD	D14-1	
AD7118CQ				0,42	C												CDIP14	AD	D14-1		
AD7118KN				0,42	D												DIP14	AD	D14-1		
AD7118LN				0,48	D												DIP14	AD	D14-1		
AD7118TQ				0,42	A												DIP14	AD	D14-1		
AD7118UQ				0,48	A												DIP14	AD	D14-1		
AD7224BQ	8	LCC MOS uP	1	5	B	10	2	F	0,3/17								CDIP18	AD	D18-1		
AD7224CQ				1	F												CDIP18	AD	D18-1		
AD7224KN				2	F												DIP18	AD	D18-1		
AD7224KP				2	F												PLCC20	AD	L20-3		
AD7224KR-1				2	F												SO20	AD	SO20-1		
AD7224LN				1	F												DIP18	AD	D18-1		
AD7224LP				1	F												PLCC20	AD	L20-3		
AD7224LR-1				1	F												SO20	AD	SO20-1		
AD7224TE				2	A	0,3/17				450	A	11,4/16,5	2,4	0,8	10		LCC20	AD	LC20-2		
AD7224TQ				2	A	5*											CDIP18	AD	D18-1		
AD7224UE				1	A												LCC20	AD	LC20-2		
AD7224UQ				1	A												CDIP18	AD	D18-1		
AD7225BQ	8	LCC MOS uP	4	5	B	2/ (U_{DD-4})	2; 1*	F	0,3/17*	7							CDIP24	AD	D24-11		
AD7225CQ				1;0,5*	F												CDIP24	AD	D24-11		
AD7225KN				2; 1*	F											DIP24	AD	D24-11			
AD7224KP				2; 1*	F											PLCC28	AD	L28-4			
AD7224KR				2; 1*	F											SO24	AD	SO24-1			
AD7225LN				1;0,5*	F											DIP24	AD	D24-1			
AD7225LP				1;0,5*	F											PLCC28	AD	L28-4			
AD7225LR				1;0,5*	F											SO24	AD	SO24-1			
AD7225TE				2; 1*	A	0,3/17*	7									LCCC28	AD	LC28-2			
AD7225TQ				2; 1*	A	5*										CDIP24	AD	D24-11			
AD7225UE				1;0,5*	A											LCC28	AD	LC28-2			
AD7225UQ				1;0,5*	A											CDIP24	AD	D24-11			
AD7226BQ	8	LCC MOS uP	4	5	B	2/ (U_{DD-4})	1*	F	0,3/17*	7-UDD	500	F	11,4/16,5	2,4	0,8		CDIP20	AD	D20-1		
AD7226KN				1*	F											DIP20	AD	D20-1			
AD7226KP				1*	F											PLCC20	AD	L20-4			
AD7226KR				1*	A	0,3/17			7-UDD	500	F	11,4/16,5	2,4	0,8	$U_{REF}=10V$	SO20	AD	SO20-1			
AD7226TE				1*	A	5*										LCC20	AD	LC20-3			
AD7226TQ				1*	A	17*										CDIP20	AD	D20-1			
AD7228BQ	8	LCC MOS	8	<5	B	2-10	1*	F	0,3/17*	24/0,3+	1000	F	10,8/16,5	2,4	0,8		CDIP24	AD	D24-12		
AD7228CQ				0,5*	F											DIP24	AD	D24-12			
AD7228KN				1*	F											PLCC28	AD	L28-5			
AD7228KP				1*	F											SO24	AD	SO24-12			
AD7228KR				1*	F											DIP24	AD	D24-12			
AD7228LN				0,5*	F											PLCC28	AD	L28-5			
AD7228LP				0,5*	F											SO24	AD	SO24-12			
AD7228LR				0,5*	F											LCCC28	AD	LC28-3			
AD7228TE				1*	A	0,3/17*			24/0,3+	1000	A	10,8/16,5*	2,4	0,8		CDIP24	AD	LC28-3			
AD7228TQ				1*	A	17*										CDIP24	AD	D24-12			
AD7228UE				0,5*	A											LCCC28	AD	LC28-3			
AD7228UQ				0,5*	A											CDIP24	AD	D24-12			
AD7228ABN	8	LCC MOS	8	<5	B	2-10	1*	F	0,3/17*	24/0,3+	1000	F	10,8/16,5*	2,4	0,8		DIP24	AD	D24-12		
AD7228ABP				1*	F											PLCC28	AD	L28-5			
AD7228ABQ				1*	F											CDIP24	AD	D24-12			
AD7228ABR				1*	F											SO24	AD	SO24-12			
AD7228ACN				0,5*	F											DIP24	AD	D24-12			
AD7228ACP				0,5*	F											PLCC28	AD	L28-5			
AD7228ACQ				0,5*	F											CDIP24	AD	D24-12			
AD7228ACR				0,5*	F											CDIP24	AD	SO24-12			
AD7228ATQ				1*	A	0,3/17*			24/0,3+	1000	A	12/15*	2,4	0,8	5	CDIP24	AD	D24-12			
AD7228AUQ				0,5*	A	0,3/17*										CDIP24	AD	D24-12			
AD7233AN	12	LCC MOS PORT	1	<10	B	1	1*	F	0,3/17	17/0,3+**	450	F	12/15*	2,4	0,8	8*	0,9; 6*	DIP8	AD	D8-1	
AD7233BN				0,5*	F											DIP8	AD	D8-1			
AD7237AQ	12	LCC MOS PORT	1	<10	B,U	5	1*	F	0,3/17*		1000	F	15+ 0/15**	2,4	0,8	5+ 5b	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-13	
AD7237BQ				0,5*	F											CDIP24	AD	D24-13			
AD7237JN				1*	F											5*	0,9; 4*	DIP24	AD	D24-13	
AD7237JR				0,5*	F											5*	0,9; 4*	DIP24	AD	D24-13	
AD7237KR				0,5*	F											5*	0,9; 4*	SO24	AD	SO24-13	
AD7237SQ				<12			1*	F	0,3/17*		1000	F				5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-13	

TYP	R	Druh	Počet D/A	t_s [μs] SR*	U_{REF} [V] Vst.kód	EG [%FS]	θ_a	U_s U_{CC+} U_{DD+} max	U_{EE-} U_L- max	P_{bI} [mW] I_s , I_s max	θ_a	U_s U_{CC+} U_{DD+} U_{SS-} max	U_{IH} min	U_{IL} max	U_o I_o	Druh výstupu	EL [LSB] [\$%FS]	EDL [LSB]	P	V	Z	
[b]							[°C]				[°C]											
AD7237TQ				<12		0,5	F					F					5*	0,9; 4*	CDIP24	AD	D24-13	
AD7242AQ	12	LCC MOS S	2	<3	3+0,1 3+0,15		F	0,3-/7*	0,3+/7**	550	F	5*, 5**				Ub	1;5* 0,5; 5*	1;5*	CDIP24	AD	D24-15	
AD7242BQ							F	0,3-/7*	0,3+/7**	550	D	1;5*					1;5*	1;5*	CDIP24	AD	D24-15	
AD7242JN							D				D	1;5*					1;5*	1;5*	DIP24	AD	D24-15	
AD7242JR							D				D	1;5*					1;5*	1;5*	SO28	AD	SO28-2	
AD7242KN							D				D	0,5; 5*					0,5; 5*	1;5*	CDIP24	AD	D24-15	
AD7242KR							D				D	0,5; 5*					0,5; 5*	1;5*	SO28	AD	SO28-2	
AD7243AN	12	LCC MOS S	1	<10	5+0,05	1*	F	0,3-/17*	0,3+/17*	450	F	12-15*, 0**	2,4	0,8	5,10	Uu	6*	0,9;5*	CDIP16	AD	D16-10	
AD7243AQ							F				F	12-15*, 0**				Uu	6*	0,9;5*	CDIP16	AD	D16-10	
AD7243AR							F				F	6*					6*	0,9;5*	SO16	AD	SO16-10	
AD7243BN							F				F	6*					6*	0,9;5*	CDIP16	AD	D16-10	
AD7243BQ							F				F	6*					6*	0,9;5*	CDIP16	AD	D16-10	
AD7243BR							F				F	6*					6*	0,9;5*	SO16	AD	SO16-10	
AD7243SQ							A				A	7*					7*	0,9;6*	CDIP16	AD	D16-10	
AD7244AQ	14	LCC MOS S	2	<4	3+0,01 3+0,15	INT	F	0,3-/7*	0,3+/7**	550	F	5*, 5**	2,4	0,8	3	Ub	2;10* 2;10* 2;10* 2;10*	1;10b*	CDIP24	AD	D24-15	
AD7244JN							F				F	1;10b*					1;10b*	1;10b*	CDIP24	AD	D24-15	
AD7244JR							F				F	1;10b*					1;10b*	1;10b*	SO28	AD	SO28-2	
AD7244SQ							F				F	1;10b*					1;10b*	1;10b*	CDIP24	AD	D24-15	
AD7245AAN	12	LCC MOS PORT	1	<10	5+0,1	1*	F	0,3-/17*		450	F	12-15*, 0**	2,4	0,8	5,10	Uu	1;3b*	DIP24	AD	D24-16		
AD7245AAP							F				F	1;3b*					1;3b*	PLCC28	AD	L28-6		
AD7245AAQ							F				F	1;3b*					1;3b*	CDIP24	AD	D24-16		
AD7245AAR							F				F	1;3b*					1;3b*	SOIC24	AD	SO24-16		
AD7245ABN							F				F	1;3b*					1;3b*	DIP24	AD	D24-16		
AD7245ABR							F				F	1;3b*					1;3b*	SOIC24	AD	SO24-16		
AD7245ASE							F				F	1;3b*					1;3b*	LCCC28	AD	LC28-4		
AD7245ASQ							F				F	1;3b*					1;3b*	CDIP24	AD	D24-16		
AD7247AQ	12	LCC MOS PORT	1	<10	5	1*	F	0,3-/17*		1000	F	15*, 0/15**	2,4	0,8	5,10	Uu	5*	0,9;4*	CDIP24	AD	D24-14	
AD7247BQ				<10		0,5*	F				F	5*				Ub	5*	0,9;4*	CDIP24	AD	D24-14	
AD7247JN				<10		1*	F				F	5*					5*	0,9;4*	DIP24	AD	D24-14	
AD7247JR				<10		1*	F				F	5*					5*	0,9;4*	SOIC24	AD	SO24-14	
AD7247KN				<10		0,5*	F				F	5*					5*	0,9;4*	DIP24	AD	D24-14	
AD7247KR				<10		0,5*	F				F	5*					5*	0,9;4*	SOIC24	AD	SO24-14	
AD7247SQ				<12		1*	F				F	5*					5*	0,9;4*	CDIP24	AD	D24-14	
AD7247TQ				<12		0,5*	F				F	5*					0,9;4*	CDIP24	AD	D24-14		
AD7248AAN	12	LCC MOS PORT	1	<10	5+0,01	1*	F	0,3-/17*		450	F	12-15*, 0**	2,4	0,8	5,10	Uu	1;3b*	DIP20	AD	D20-2		
AD7248AAP				<10		1*	F				F	1;3b*				Uu	1;3b*	PLCC20	AD	L20-5		
AD7248AAQ				<10		1*	F				F	1;3b*				Ub	1;3b*	CDIP20	AD	D20-2		
AD7248AAAR				<10		0,5*	F				F	1;3b*					1;3b*	SOIC20	AD	SO20-2		
AD7248ABN				<10		0,5*	F				F	1;3b*					1;3b*	DIP20	AD	D20-2		
AD7248ABR				<10		0,5*	F				F	1;3b*					1;3b*	SOIC20	AD	SO20-2		
AD7248ASQ				<10		1*	F				F	1;3b*					1;3b*	CDIP20	AD	D20-2		
AD7524AQ	8	CMOS	1	<0,4 <0,25 Ub,Bo	10	0,5* 0,5* 0,5* 0,25* 0,5* 0,125*	F	0,3-/17*		450	25	5*	2,4	0,8	0		0,5	0,5	CDIP16	AD	D16-11	
AD7524BQ							F				25	5*	13,5	1,5	0		0,5	0,5	CDIP16	AD	D16-11	
AD7524CQ							F				25	5*					0,25	0,25	CDIP16	AD	D16-11	
AD7524JN							F				25	5*					0,5	0,5	DIP16	AD	D16-11	
AD7524JP							F				25	5*					0,5	0,5	PLCC20	AD	L20-6	
AD7524JR							F				25	5*					0,5	0,5	SOIC16	AD	SO16-11	
AD7524KN							F				25	5*					0,5	0,5	DIP16	AD	D16-11	
AD7524KP							F				25	5*					0,25	0,25	PLCC20	AD	L20-6	
AD7524KR							F				25	5*					0,5	0,5	SOIC16	AD	SO16-11	
AD7524LN							F				25	5*					0,25	0,25	DIP16	AD	D16-11	
AD7524LP							F				25	5*					0,5	0,5	PLCC20	AD	L20-6	
AD7524LR							F				25	5*					0,25	0,25	SOIC16	AD	SO16-11	
AD7524SE							F	0,3-/17*		450	25	5*	13,5	1,5	0		0,5	0,5	LCCC20	AD	LC20-6	
AD7524SQ							F				25	5*					0,5	0,5	CDIP16	AD	D16-11	
AD7524TE							F				25	5*					0,5	0,5	LCCC20	AD	LC20-6	
AD7524TQ							F				25	5*					0,25	0,25	CDIP16	AD	D16-11	
AD7524UE							F				25	5*					0,5	0,5	LCCC20	AD	LC20-6	
AD7524UQ							F				25	5*					0,125	0,125	CDIP16	AD	D16-11	
AD7528AQ	8	CMOS	1	0,35 0,18 Ub,Bo	10	4;1* 2;0,5*	F	0/17*		450	25	5*	2,4	0,8	0		1	1	CDIP20	AD	D20-3	
AD7528BQ							F				25	5*	13,5	1,5	0		1	1	CDIP20	AD	D20-3	

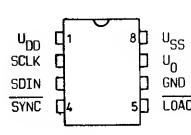
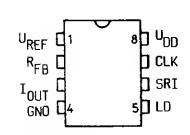
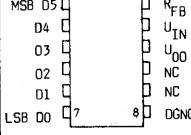
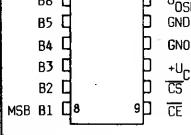
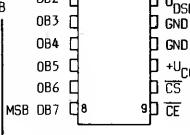
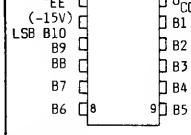
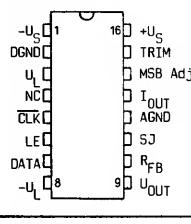
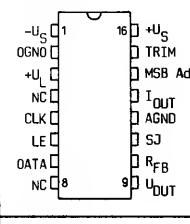
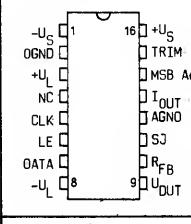
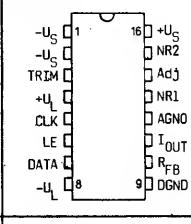
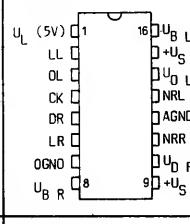
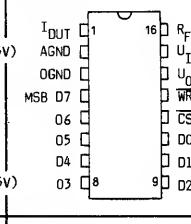
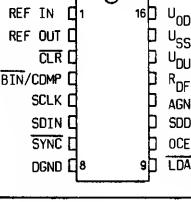
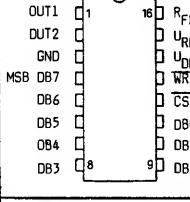
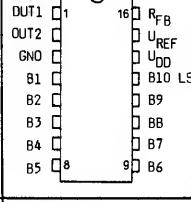
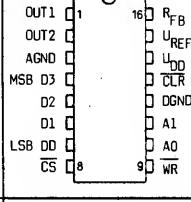
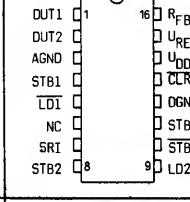
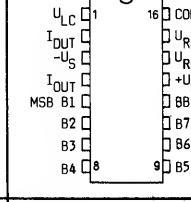
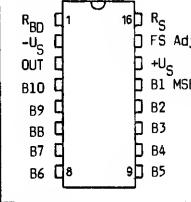
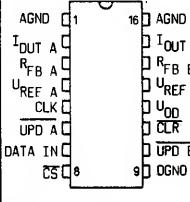
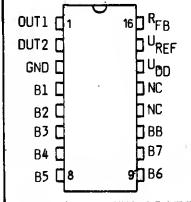
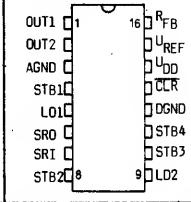
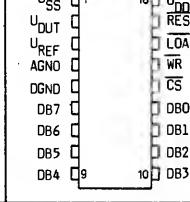
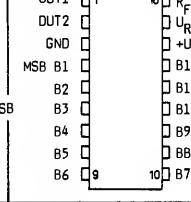
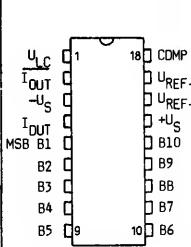
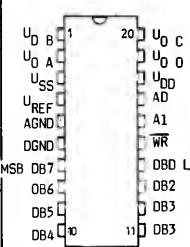
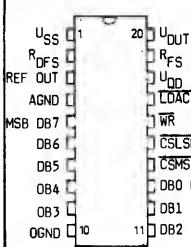
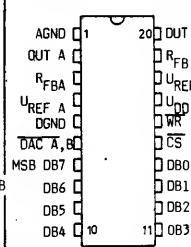
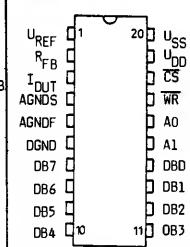
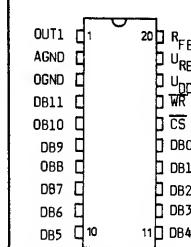
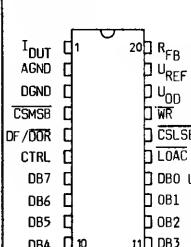
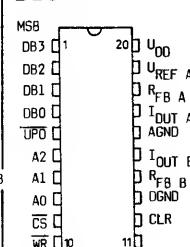
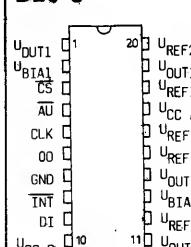
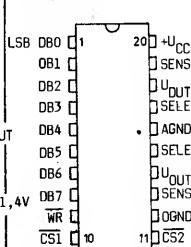
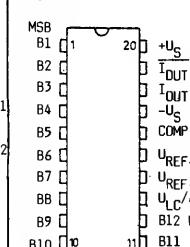
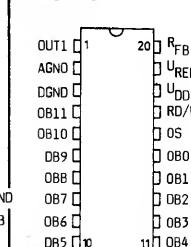
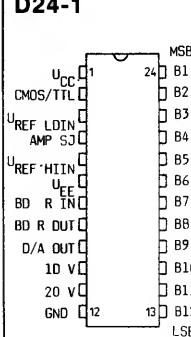
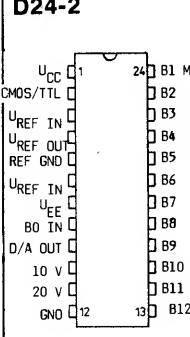
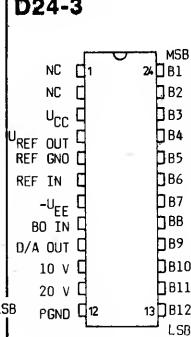
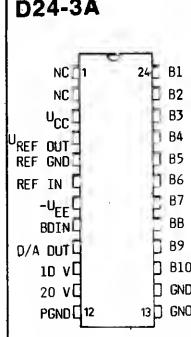
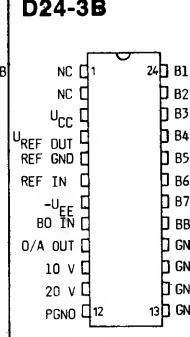
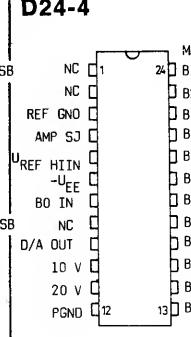
TYP	R	Druh	Počet DVA	$t_{\text{SR}}^{\text{[μs]}}$	U_{REF}	EG [%FS]	ϑ_{a}	U_{S}	U_{EE}	P_{tot}	ϑ_{a}	U_{S}	U_{I_{H}	U_{I_{L}	U_{o}	Druh výstupu	EL [LSB]	EDL [LSB]	P	V	Z		
	[b]			Vst.kód	[V]	ER* [mV/LSB]	[°C]	U _{CC+} U _{DD+} max [V]	U _{EE-} U _L max [V]	I _S , I _S -max [mA]	[°C]	U _{CC+} U _{DD+} U _{SS-/-} [V]	I _{min} [V]	I _{max} [V]	[V]: [mA]*		EN* [LSB]						
AD7528CQ						1; 0,5*	F	0/17*		450	25	5+*	2,4	0,8	0		1	CDIP20	AD	D20-3			
AD7528JN						4; 1*	F	0/17*			25	15+*	13,5	1,5	0		1	DIP20	AD	D20-3			
AD7528JP						4; 1*	F				25					1	PLCC20	AD	L20-7				
AD7528JR						4; 1*	F				25					1	SOIC20	AD	S020-3				
AD7528KN						2; 0,5*	F				25					1	DIP20	AD	D20-3				
AD7528KP						2; 0,5*	F				25					1	PLCC20	AD	L20-7				
AD7528KR						2; 0,5*	F				25					1	SOIC20	AD	S020-3				
AD7528LN						1; 0,5*	F				25					1	DIP20	AD	D20-3				
AD7528LP						1; 0,5*	F				25					1	PLCC20	AD	L20-7				
AD7528LR						1; 0,5*	F				25					1	SOIC20	AD	S020-3				
AD7528SE						4; 1*	A	0/17*			450	25	5+*	2,4	0,8	0		1	LCCC20	AD	LC20-7		
AD7528SQ						4; 1*	A					25	15+*	13,5	1,5	0		1	CDIP20	AD	D20-3		
AD7528TE						2; 0,5*	A					25					1	LCCC20	AD	LC20-7			
AD7528TQ						2; 0,5*	A					25					1	CDIP20	AD	D20-3			
AD7528UE						1; 0,5*	A					25					1	LCCC20	AD	LC20-7			
AD7528UQ						1; 0,5*	A					25					1	CDIP20	AD	D20-3			
AD7533AQ	10	CM m	1	0,6	10	1,4	F	0,3/17*			450	25	15+	2,4	0,8	0		0,2	CDIP16	AD	D16-12		
AD7533BQ						F	F					25					0,1	CDIP16	AD	D16-12			
AD7533CQ						F	F	0,3/17*			450	25	15+	2,4	0,8	0		0,05	CDIP16	AD	D16-12		
AD7533JN						F	F					25					0,2	DIP16	AD	D16-12			
AD7533JP						F	F					25					0,2	PLCC20	AD	L20-8			
AD7533JR						F	F					25					0,2	SOIC20	AD	S016-12			
AD7533KN						F	F					25					0,1	DIP16	AD	D16-12			
AD7533KP						F	F					25					0,1	PLCC20	AD	L20-8			
AD7533KR						F	F					25					0,1	SOIC20	AD	S016-12			
AD7533LN						F	F					25					0,05	DIP16	AD	D16-12			
AD7533LP						F	F					25					0,05	PLCC20	AD	L20-8			
AD7533LR						A	A	0,3/17*				450	25	15+	2,4	0,8	0		0,05	SOIC20	AD	S016-12	
AD7533SE						A	A						25					0,2	LCCC20	AD	LC20-8		
AD7533SQ						A	A						25					0,2	CDIP16	AD	D16-12		
AD7533TE						A	A						25					0,1	LCCC20	AD	LC20-8		
AD7533TQ						A	A						25					0,1	CDIP16	AD	D16-12		
AD7534AQ	14	LCC MOS m uP	1	<1,5 B, Ub	10	2*	C	0,3/17*	0,3+/15	450	C	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	CDIP20	AD	D20-4		
AD7534BQ						1*	C				C	0,3**					4*	1	DIP20	AD	D20-4		
AD7534JN						2*	D	0,3/17*	0,3+/15	450	D	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	PLCC20	AD	L20-9		
AD7534JP						2*	D				D	0,3**					4*	1	DIP20	AD	D20-4		
AD7534KN						1*	D				D						4*	1	PLCC20	AD	L20-9		
AD7534KP						1*	D				D						8*	1	CDIP20	AD	D20-4		
AD7534SQ						2*	A	0,3/17*	0,3+/15	450	A	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	CDIP20	AD	D20-4		
AD7534TQ						1*	A				A	0,3**					4*	1	CDIP20	AD	D20-4		
AD7535AQ	14	LCC MOS m uP	1	<1,5 B, Ub	10	2*	C	0,3/17*	0,3+/15	1000	C	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	CDIP28	AD	D28-8		
AD7535BQ						1*	C				C	0,3**					4*	1	DIP28	AD	D28-8		
AD7535JN						2*	D	0,3/17*	0,3+/15	1000	D						8*	1	PLCC28	AD	L28-8		
AD7535JP						2*	D				D						4*	1	DIP28	AD	D28-8		
AD7535KN						1*	D				D						4*	1	PLCC28	AD	L28-8		
AD7535KP						1*	D				D						8*	1	LCCC28	AD	LC28-8		
AD7535SE						2*	A	0,3/17*	0,3+/15	1000	A	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		8*	1	CDIP28	AD	D28-8		
AD7535SQ						2*	A				A	0,3**					4*	1	LCCC28	AD	LC28-8		
AD7535TE						1*	A				A						4*	1	CDIP28	AD	LC28-8		
AD7535TQ						1*	A				A						4*	1	CDIP28	AD	D28-8		
AD7536AQ	14	LCC MOS m uP	1	<1,5 Bo	10	2*	C	0,3/17*	0,3+/15		C	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		16*	1	CDIP28	AD	D28-9		
AD7536BQ						1*	C				C	0,3**					8*	1	DIP28	AD	D28-9		
AD7536JN						2*	D	0,3/17*	0,3+/15		D	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		16*	1	PLCC28	AD	L28-9		
AD7536JP						2*	D				D	0,3**					16*	1	DIP28	AD	DIP28		
AD7536KN						1*	D				D						8*	1	PLCC28	AD	L28-9		
AD7536KP						1*	D				D						8*	1	LCCC28	AD	LC28-9		
AD7536SE						2*	A	0,3/17*	0,3+/15		A	11,4/15,75*	2,4	0,8	0		16*	1	CDIP28	AD	D28-9		
AD7536SQ						2*	A				A	0,3**					16*	1	LCCC28	AD	LC28-9		
AD7536TE						1*	A				A						8*	1	CDIP28	AD	LC28-9		
AD7536TQ						1*	A				A						8*	1	CDIP28	AD	D28-9		
AD7537AQ	12	LCC MOS uP	1	<1,5 Ub, Bob	10	6; 1*	F	0,3/17*			F	12/15*	2,4	0,8	0			1	CDIP24	AD	D24-19		
AD7537BQ						3; 0,5*	F				F						1	CDIP24	AD	D24-19			
AD7537CQ						10*	F				F						1	CDIP24	AD	D24-19			
AD7537JN						6; 1*	F				F						1	DIP24	AD	D24-19			
AD7537JP						6; 1*	F				F						1	PLCC28	AD	L28-10			
AD7537KN						3; 0,5*	F				F						1	DIP24	AD	D24-19			
AD7537KP						3; 0,5*	F				F						1	PLCC28	AD	L28-10			
AD7537LN						1; 0,5*	F				F						1	DIP24	AD	D24-19			
AD7537LP						1; 0,5*	F				F						1	PLCC28	AD	L28-10			
AD7537SE						6; 1*	A	0,3/17*									1	LCCC28	AD	LC28-10			
AD7537SQ						6; 1*	A										1	CDIP24	AD	D24-19			
AD7537TE						3; 0,5*	A										1	LCCC28	AD	LC28-10			
AD7537TQ						3; 0,5*	A										1	CDIP24	AD	D24-19			
AD7537UE						2; 0,5*	A										1	LCCC28	AD	LC28-10			
AD7537UQ						2; 0,5*	A										1	CDIP24	AD	D24-19			
AD7538AQ	14	LCC MOS uP	1	<1,5 Ub, Bob	10	2*	C	0,3/17*	0,3+/15	1000													

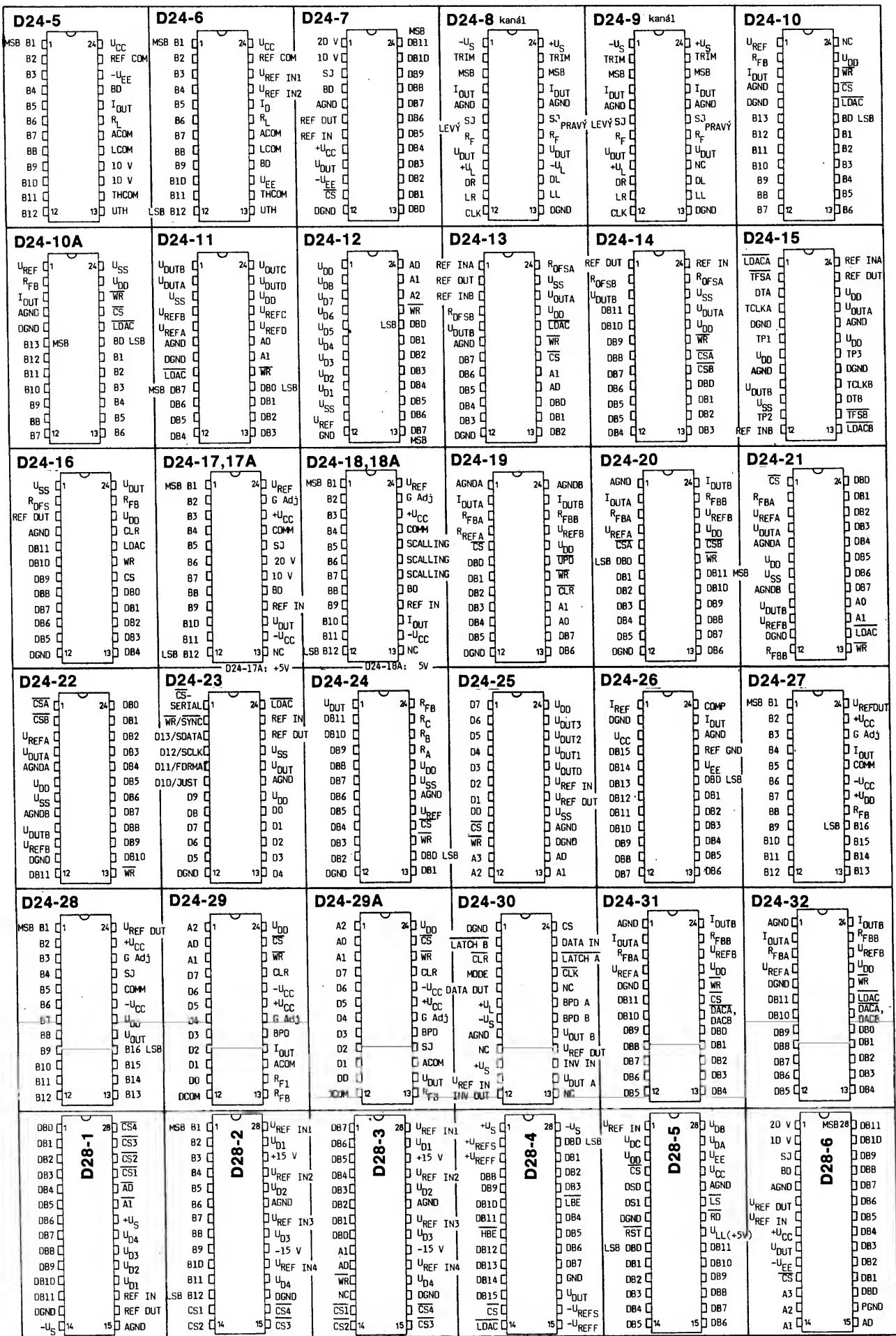
TYP	R	Druh	Počet DIA	t_s [μs] SR* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS]	θ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+} max	U_{EE-} U_L max	P_{tot} [mW] I_{S+} , I_{S-} max	θ_a [°C]	U_S U_{CC+} U_{DD+} U_{SS-} max	U_{IH} min	U_{IL} max	U_o I_o max	Druh výstupu	EL [LSB] [\$%FS]	EDL [LSB] EFS* [LSB]	P	V	Z	
AD7547JP						6; 1*	F					F						1	PLCC28	AD	L28-20	
AD7547JR						6; 1*	F					F						1	SOIC24	AD	SO24-20	
AD7547KN						3; 0.5*	F					F						1	DIP24	AD	D24-20	
AD7547KP						3; 0.5*	F					F						1	PLCC28	AD	L28-20	
AD7547KR						3; 0.5*	F					F						1	SOIC24	AD	SO24-20	
AD7547LN						1; 0.5*	F					F						1	DIP24	AD	D24-20	
AD7547LP						1; 0.5*	F					F						1	PLCC28	AD	L28-20	
AD7547LR						1; 0.5*	F					F						1	SOIC24	AD	SO24-20	
AD7547SE						6; 1*	A	0.3-17*		450	A	12/15*	2,4	0,8	0			1	LCCC28	AD	L28-20	
AD7547SQ						6; 1*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-20	
AD7547TE						3; 0.5*	A				A							1	LCCC28	AD	LC28-20	
AD7547TQ						3; 0.5*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-20	
AD7547UE						2; 0.5*	A				A							1	LCCC28	AD	LC28-20	
AD7545UQ						2; 0.5*	A				A							1	CDIP24	AD	D24-20	
AD7548AQ	8	LCC MOS uP	1	<1,5	10	1*	F	0/17*		450	F	5*	2,4	0,8	0			6*	1	CDIP20	AD	D20-6
AD7548BQ				<1	10	0.5*	F				F	12/15*	2,4	0,8	0			3*	1	CDIP20	AD	D20-6
AD7548JN				Ub,B	EXT	1*	F				F							6*	1	DIP20	AD	D20-6
AD7548JP						1*	F				F							6*	1	PLCC20	AD	L20-16
AD7548JR						1*	F				F							6*	1	SOIC20	AD	SO20-6
AD7548KN						0.5*	F				F							3*	0.5	DIP20	AD	D20-6
AD7548KP						0.5*	F				F							3*	0.5	PLCC20	AD	L20-16
AD7548KR						0.5*	F				F							3*	0.5	SOIC20	AD	SO20-6
AD7548SE						0.5*	A	0/17*		450	A	5*	2,4	0,8	0			6*	1	LCCC20	AD	LC20-16
AD7548SQ						1*	A				A	12/15*	2,4	0,8	0			6*	1	CDIP20	AD	D20-6
AD7548TE						0.5*	A				A							3*	0.5	LCCC20	AD	LC20-16
AD7548TQ						1*	A				A							3*	0.5	CDIP20	AD	D20-6
AD7549AQ	12	LCC MOS m uP	2	<1,5	10	1*	F	0/15*		450	F	15*	2,4	0,8	0			6*	1	CDIP20	AD	D20-7
AD7549BQ				Ub,Bab	EXT	0.5*	F				F							3*	1	CDIP20	AD	D20-7
AD7549JN						1*	F				F							6*	1	DIP20	AD	D20-7
AD7549JP						1*	F				F							3*	1	PLCC20	AD	L20-17
AD7549KN						0.5*	F				F							3*	1	DIP20	AD	D20-7
AD7549KP						0.5*	F				F							3*	1	PLCC20	AD	L20-17
AD7549SE						1*	A	0/15*		450	A	15*	2,4	0,8	0			6*	1	LCCC20	AD	LC20-17
AD7549SQ						1*	A				A							6*	1	CDIP20	AD	D20-7
AD7549TE						0.5*	A				A							3*	1	LCCC20	AD	LC20-17
AD7549TQ						0.5*	A				A							3*	1	CDIP20	AD	D20-7
AD7564B	12	LCC MOS m	4	<0,5	10	5	4; 0.5*	F	0,3-6*		250	F	5*	2,4	0,8	0			0,9	SOIC28	AD	-
AD7568BS	12	LCC MOS m	8	<0,5	10	4; 0.5*	F	0,3-6*		250	F	5*	2,4	0,8	0			0,9	PQPF	AD	PQ44-1	
AD7628BQ	8	CMOS m uP	2	<0,35	10	2; 0.5*	F	0/17*		450	25	10,8/15,75*	2,4	0,8	0			1	CDIP20	AD	D20-3	
AD7628KN				Ub,Bab	EXT	2; 0.5*	F				F	25						1	DIP20	AD	D20-3	
AD7628KP						2; 0.5*	F				F	25						1	PLCC20	AD	L20-7	
AD7628KR						2; 0.5*	F				F	25						1	SOIC20	AD	SO20-3	
AD7628TE						2; 0.5*	A	0/17*		450	25	10,8/15,75*	2,4	0,8	0			1	LCCC20	AD	LC20-7	
AD7628TQ						2; 0.5*	A				F	25						1	CDIP20	AD	D20-3	
AD7837AN	12	CMOS m	2	<4	10	5; 1*	F	0,3-17*		1000	F	15*, 15**	2,4	0,8	U_o na R_FB			1	DIP24	AD	D24-21	
AD7837AQ				Ub,Bab	EXT	5; 1*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-21	
AD7837AR						5; 1*	F				F							1	SOIC24	AD	SO24-21	
AD7837BN						2; 0.5*	F				F							1	DIP24	AD	D24-21	
AD7837BQ						2; 0.5*	F				F							1	CDIP24	AD	D24-21	
AD7837BR						2; 0.5*	F				F							1	SOIC24	AD	SO24-21	
AD7837SQ						5; 1*	A	0/17*		1000	A	15*, 15**	2,4	0,8	U_o na R_FB			1	CDIP24	AD	D24-21	
AD7840AQ	14	LCC MOS DSP	1	<4	2,99/ 3,01 0UT 2,85/ 3,15 IN	C	0,3-7*	0,3+7	450	C	5*, 5**	2,4	0,8	30	Ub	2;10*	0,9;10*	CDIP24	AD	D24-23		
AD7840BQ						D	0,3-7*	0,3+7	450	D	5*, 5**	2,4	0,8	30	Ub	1;10*	0,9;10*	CDIP24	AD	D24-23		
AD7840JN						D	0,3-7*	0,3+7	450	D	5*, 5**	2,4	0,8	30	Ub	2;10*	0,9;10*	DIP24	AD	D24-23		
AD7840JP						D	0,3-7*	0,3+7	450	D	5*, 5**	2,4	0,8	30	Ub	2;10*	0,9;10*	PLCC28	AD	L28-23		
AD7840KN						D	0,3-7*	0,3+7	450	D	5*, 5**	2,4	0,8	30	Ub	1;10*	0,9;10*	DIP24	AD	D24-23		
AD7840KP						D	0,3-7*	0,3+7	450	D	5*, 5**	2,4	0,8	30	Ub	1;10*	0,9;10*	PLCC28	AD	L28-23		
AD7840SQ						D	0,3-7*	0,3+7	450	D	5*, 5**	2,4	0,8	30	Ub	2;10*	0,9;10*	CDIP24	AD	D24-23		
AD7845AQ	12	LCC MOS m	1	<5	10	1*	C	0,3-17*	0,3+17	650	C	15*, 15**	2,4	0,8	U_o na R_FB			1	CDIP24	AD	D24-24	
AD7845BQ				<7	EXT	0,5*	C				D	15*, 15**	2,4	0,8	U_o na R_FB			1	CDIP24	AD	D24-24	
AD7845JN						1*	D	0,3-17*	0,3+17	650	D						1	DIP24	AD	D24-24		
AD7845JP						1*	D				D						1	PLCC28	AD	L28-24		
AD7845KN						0,5*	D				D						1	SOIC24	AD	SO24-24		
AD7845KP						0,5*	D				D						1	DIP24	AD	D24-24		
AD7845KR						0,5*	D				D						1	PLCC28	AD	L28-24		
AD7845SE883						1*	A	0,3-17*	0,3+17	650	A	15*, 15**	2,4	0,8	U_o na R_FB	Ub		1	SOIC24	AD	SO24-24	
AD7845SQ883						1*	A				A						1	LCCC28	AD	LC28-24		
AD7845TQ883						0,5*	A				A						1	CDIP24	AD	D24-24		
AD7846AD	16	LCC MOS uP	1	<7	5	16; 16*	C	0,3-17*	0,3+17	1000	C	14,25/15,75*	2,4	0,8	$U_o/4$ $U_{DD}/3$	Ub		1	CDIP28	AD	D28-11	
AD7846BD						16; 8*	C				D	14,25/15,75*	2,4	0,8	$U_o/4$ $U_{DD}/3$	Ub		0,5	CDIP28	AD	D28-11	
AD7846JN						16; 16*	D	0,3-17*	0,3+17	1000	D						1	DIP28	AD	D28-11		
AD7846JP						16; 16*	D				D						1	PLCC28	AD	L28-11		
AD7846KN						16; 8*	D				D						0,5	DIP28	AD	D28-11		
AD7846KP						16; 8*	D				D						0,5	PLCC28	AD	L28-11		
AD7846SD883						24																

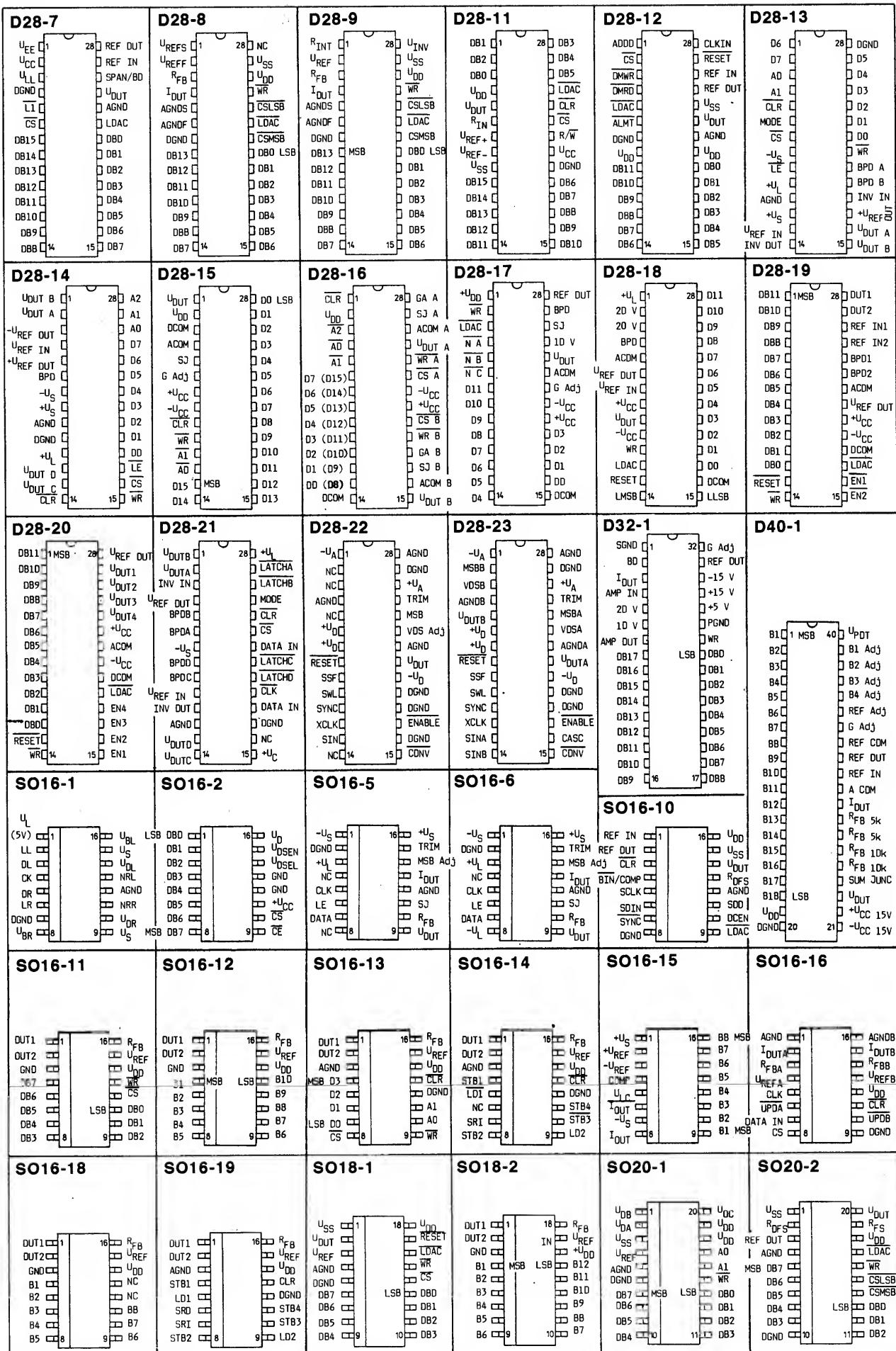
TYP	R [b]	Druh	Počet DIA	t_{tr} [μs] SR*	U_{REF} [V] Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [mLSB]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC} U_{DD} max [V]	U_{EE} U_{L} max [V]	P_{tot} [mW] I_{S} , I_{S} max [mA]	ϑ_a [°C]	U_S U_{CC} U_{DD} , U_{SS} max [V]	$U_{\text{I_H}}$ min [V]	$U_{\text{I_L}}$ max [V]	U_o I_o [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB]	P	V	Z
AD7847AN	12	CMOS	2	<4 Ub,Bb	10	5; 1* 5; 1* 5; 1* 2;0,5* 2;0,5* 2;0,5* 5; 1* A	F	0,3-17*			1000	F	15*, 15**	2,4	0,8	0		1	DIP24	AD	D24-22	
AD7847AQ												F	F					1	CDIP24	AD	D24-22	
AD7847AR												F	F					1	SOIC24	AD	SO24-22	
AD7847BN												F	F					1	DIP24	AD	D24-22	
AD7847BQ												F	F					1	CDIP24	AD	D24-22	
AD7847BR												F	F					1	SOIC24	AD	SO24-22	
AD7847SQ												F	15*, 15**	2,4	0,8	0		1	CDIP24	AD	D24-22	
AD7848AQ	12	LCC MOS DSP	1		3	1* 0,5* 1* 1* 0,5* 0,5*	C	0,3-7*	0,3-7	1000	C	5*, 5**	2,4	0,8	3	Ub	0,5; 4b*	CDIP28	AD	D28-12		
AD7848BQ												D	5*, 5**	2,4	0,8	3	Ub	0,5; 4b*	DIP28	AD	D28-12	
AD7848JN												D	5*, 5**	2,4	0,8	3	Ub	0,5; 4b*	DIP28	AD	D28-12	
AD7848JP												D	5*, 5**	2,4	0,8	3	Ub	0,5; 4b*	PLCC28	AD	L28-12	
AD7848KN												D	5*, 5**	2,4	0,8	3	Ub	0,5; 4b*	DIP28	AD	D28-12	
AD7848KP												D	5*, 5**	2,4	0,8	3	Ub	0,5; 4b*	PLCC28	AD	L28-12	
AD75004KN	12	BIC	4	<4 >5*B	5	10*	D	0,3-18*	0,3-18	1000	D	12	2	0,8	5 5*	Ub	0,5	0,75; 2*	DIP24	AD	D24-25	
AD75004KP												D	12	2	0,8	5 5*	Ub	0,5	0,75; 2*	PLCC28	AD	L28-25
AD75069AJ	12	BIC PORT	8	<8 >2*Bof	5	10*	F D	0,7+ 0/18*	0/18	1000	25	54,12*,12**	2	0,8	25/- 7,5+	U	0,5		LCCC44	AD	LC44-2	
AD75069JP												25	54,12*,12**	2	0,8	5	Ub	0,5	0,5	LCCC44	AD	LC44-2
AD75089AJ	12	BIC PORT	8	<8 >2*Bof	5	10*	F D	0/7+ 0/18*	0/18	1000	25	54,12*,12**	2	0,8	5	Ub	0,5	0,5	PLCC44	AD	LC44-2	
AD75089JP												25	54,12*,12**	2	0,8	10	Ub	0,5	0,5	PLCC44	AD	L44-2
AD75090AJ	12	BIC PORT	8	<8 >2*Bof	5	10*	F D	0/7+ 0/18*	0/18	1000	25	54,12*,12**	2	0,8	10	Ub	0,5	0,5	LCCC44	AD	LC44-2	
AD75090JP												25	54,12*,12**	2	0,8	10	Ub	0,5	0,5	PLCC44	AD	L44-2
AD DAC80-CBI-V	12	Hy	1	<4 B	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	2,5; 5; 10 5,1 5*	Ub	0,5	0,75	DH24	AD	D24-17	
AD DAC80-CBI-I	12	Hy	1	<4 B	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	2,5; 5; 10 5,1 5*	Ub	0,5	0,75	DH24	AD	D24-18	
AD DAC80-CCD-V	3dig	Hy	1	<4 Bcd	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	10 5*	Ub	0,25	0,5	DH24	AD	D24-17A	
AD DAC80-CCD-I	3dig	Hy	1	<4 Bcd	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	10 5*	Ub	0,25	0,5	DH24	AD	D24-18A	
AD DAC80D-CBI-V	12	B	1	<4 B	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10 5*	Ub	0,5	0,75	CDIP24	AD	D24-17	
AD DAC80N-CBI-V	12	B	1	<4 B	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10 5*	Ub	0,5	0,75	DIP24	AD	D24-17	
AD DAC80Z-CBI-V	12	Hy	1	<4 B	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10 5*	Ub	0,5	0,75	DH24	AD	D24-17	
AD DAC80Z-CBI-H	12	Hy	1	<4 B	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10 5*	Ub	0,5	0,75	DH24	AD	D24-18	
ADDAC80Z-CCD-V	3dig	Hy	1	<4 Bcd	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	10 5*	Ub	0,25	0,5	DH24	AD	D24-17A	
AD DAC80Z-CCD-I	3dig	Hy	1	<4 Bcd	6,3	0,3	D	0/18		10+; 20-	25	5+; 15	2	0,8	10 5*	Ub	0,25	0,5	DH24	AD	D24-18A	
AD DAC85-CBI-V	12	Hy	1	<5>10* B	6,3	0,2	D	0/18	0/18	10+; 20-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10 5*	Ub	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17	
AD DAC85-CBI-I	12	Hy	1	<5>10* B	6,3	0,2	D	0/18	0/18	10+; 20-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10 5*	Ub	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18	
AD DAC85C-CBI-V	12	Hy	1	<5>10* B	6,3	0,1	D	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10	Ub	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17	
AD DAC85C-CBI-H	12	Hy	1	<5>10* B	6,3	0,1	D	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10	Ub	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18	
AD DAC85D-CBI-V	12	B	1	<4 B	6,3	0,2	C	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10	Ub	0,5	0,75	CDIP24	AD	D24-17	
ADDAC85LD-CBI-V	12	Hy	1	<5>20* B	6,3	0,1	C	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10	Ub	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17	
ADDAC85LD-CBI-H	12	Hy	1	<5>20* B	6,3	0,1	C	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10	Ub	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18	
ADDAC85ML-CBI-V	12	Hy	1	<5>20* B	6,3	0,1	A	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10	Ub	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17	
ADDAC85ML-CBI-H	12	Hy	1	<5>20* B	6,3	0,1	A	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10	Ub	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18	
AD DAC85-CCD-V	3dig	Hy	1	<5 BCD	6,3	0,1	D	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5*	Ub	0,25	0,5	MDIP24	AD	D24-17A	
AD DAC85-CCD-I	3dig	Hy	1	<5 BCD	6,3	0,1	D	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5*	Ub	0,25	0,5	MDIP24	AD	D24-18A	
AD DAC85C-CCD-V	3dig	Hy	1	<5 BCD	6,3	0,1	C	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	10 5*	Ub	0,25	0,5	MDIP24	AD	D24-17A	
AD DAC85C-CCD-I	3dig	Hy	1	<5 BCD	6,3	0,1	C	0/18	0/18	20+; 30-	25	15	2	0,8	10 5*	Ub	0,25	0,5	MDIP24	AD	D24-18A	
AD DAC857-CBI-V	12	Hy	1	<4 B	6,3	0,2	A	0/18	0/18	20+; 35-	25	15	2	0,8	2,5; 5; 10 5; 10	Ub	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-17	

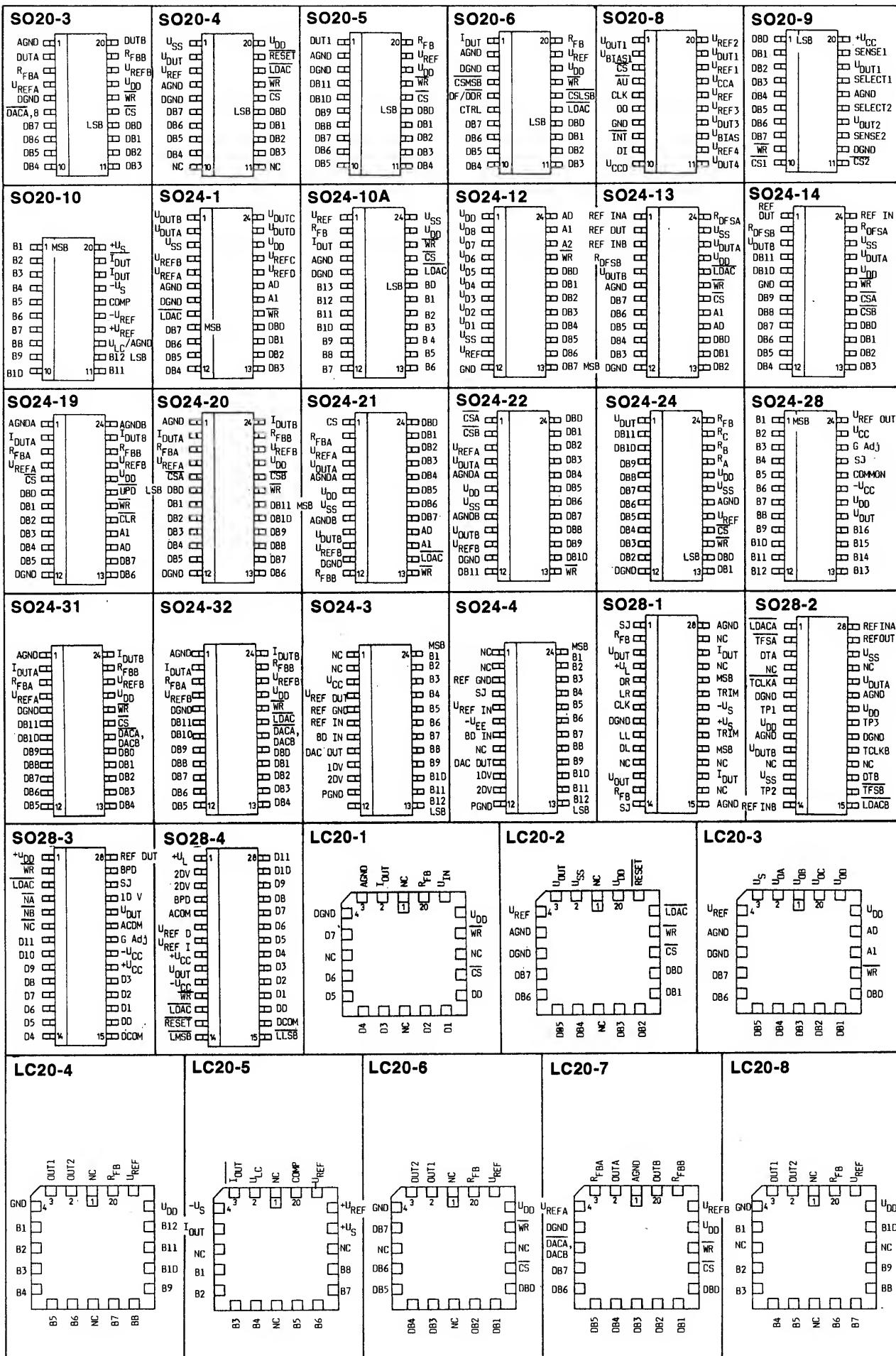
TYP	R	Druh	Počet D/V	t_{tr} [μs] SR* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS] ER* [mLSB]	θ_a [°C]	U_S U _{CC} U _{DD} * max [V]	U_{EE} U _L * max [V]	P_{el} [mW] I _S *, I _S * max [mA]	θ_a [°C]	U_S U _{CC} U _{DD} * U _{SS} ** [V]	U_{H} min [V]	U_{L} max [V]	U_o I _o * [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [%FS] EFS* [LSB]	EDL [LSB]	P	V	Z	
AD DAC87-CBH	12	Hy	1	<4 B	6,3 INT	0,2	A	0/18	0/18	20+35-	25			5*	b	0,5	0,75	MDIP24	AD	D24-18		
AD DAC87D-CBH-V	12	B	1	<4>20° B	6,3 INT	0,2	A	0/18	0/18	20+35-	25	15	2	0,8 2,5:10 5:10 5*	Ub Uu lb	0,5	0,75	CDIP24	AD	D24-17		
C560C	8	B	1		INT		D	0/18			630	25	5/15+	2	0,8 99,96 2,25/2,5	Uu	0,5	1	DIP16	HFO	D16-2	
C565C C565D	12	B	1		10 INT		D	0/18	0/18		25	15	2	0,8 1,6/2,4*	lu	0,75 29*	1	CDIP24	HFO	D24-3		
C5650C C5650D	10	B	1		10 INT		D	0/18	0/18		25	15	2	0,8 1,6/2,4*	lu	0,5	0,75	CDIP24	HFO	D24-3A		
C5658D	8	B	1	0,5	10 INT		D	0/18	0/18		25	15	2	0,8 1,6/3*	lu	0,5	0,75	DIP24	HFO	D24-3B		
DAC0854BU DAC0854BIN DAC0854BRWM DAC0854CJ DAC0854CIN DAC0854CJWM DAC0854CMJ	8	B;S-IN	4	<2,7	2,67 INT		F F F F F F A	0/7+			105	F F F F F F A	5+	2	0,8 0,3/2,8	Uu	0,5 0,5 0,5 1 1 1 1	1	CDIP20 DIP20 SOIC20 CDIP20 DIP20 SOIC20 CDIP20	NS	D20-8	
DAC0890CJ DAC0890CIN DAC0890CJWM DAC0890CMJ	8	B	2	2	INT		F F F A	0/20+			1000	F F F A	5+ 15+	2	0,8 0,2/55 0/10,2*	Uu	0,5 0,5 0,5 0,5	2*	CDIP20 DIP20 SOIC20 CDIP20	NS	D20-9	
DAC08BC DAC08BM	8	Bm	1	<85ns 8°	1=2mA	0,5*	D A	0/16			3,8+5,8-	D	15 15; 15,5° 15; 15,7°*	2	0,8 1,99 0/2,1 0/4,2	lu	0,5 0,5	0,5 0,5	DIP16 CDIP16	DAT DAT	D16-15	
DAC08Q DAC08AQ DAC08CP DAC08CQ DAC08CS DAC08EP DAC08EQ DAC08HP DAC08HQ DAC08RC/883	8	BMvr	1	<0,15 <0,135	10 1=2mA		A A D D D D D D A	18	18*	3,8+7,8-	A A D	15	2	0,8 >2,1*	lu	0,19% 0,10% 0,39% 0,39% 0,39% 0,19% 0,19% 0,10% 0,19%		CDIP16 CDIP16 DIP16 CDIP16 DIP16 CDIP16 DIP16 CDIP16 LCCC20	PMI	D16-15		
DAC10FS DAC10GS DAC10GX	10	BMvr	1	<0,135 <0,15	1=2mA		D D D	18	18*	4+15-	D D D	15	2	0,8 10 3,996*	Uu	0,5 1 1	0,3-1 0,7 0,7	CDIP18 CDIP18 CDIP18	AD	D18-3		
DAC16E DAC16F	16	BMvr	1	0,5	1=0,5mA	0,3	F F	0/8	0/18	20+10-	F F	5+15**	2	0,8 4*	lu	2 4	1,2* 1,5,2*	DIP24 DIP24	AD	D24-26		
DAC80-CBH	12	B	1	3-4 >10*	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8 1° 2°	b	0,5	0,75	CDIP24	BB	D24-18		
DAC80-CBH-V	12	B	1	3-4	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8 10	Ub	0,5	0,75	CDIP24	BB	D24-17		
DAC80P-CBH-V	12	B	1	3-4	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8 10	Ub	0,5	0,75	DIP24	BB	D24-17		
DAC80Z-CBH	12	B	1	3-4 >10*	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8 1° 2°	b	0,5	0,75	CDIP24	BB	D24-18		
DAC80Z-CBH-V	12	8	1	3-4 >10*	6,3	0,3	C	11,4/16,5		480	D	12	2	0,8 10	Ub	0,5	0,75	CDIP24	BB	D24-17		
DAC100ACQ6/883 DAC100ACQ6/883 DAC100ACQ7 DAC100ACQ8 DAC100ACQ3 DAC100ACQ4	10	B	1	<0,375			A A C C D D	0/18	0/18	8,3+8,3-	A A C C D D	15	2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1	0,7 0,7 0,7 0,7 0,7 0,7	10 5	Uu	0,05% 0,05% 0,05% 0,05% 0,05% 0,05%	CDIP18 CDIP18 CDIP18 CDIP18 CDIP18 CDIP18	AD	D18-16		
DAC100BBQ7 DAC100BBQ8 DAC100BCQ3 DAC100BCQ4 DAC100BCQ5/883	10	B	1	<0,375			C C D D A	0/18	0/18	8,3+8,3-	C C D D A	15	2,1 2,1 2,1 2,1 2,1	0,7 0,7 0,7 0,7 0,7	10 5 10 5 10	Uu	0,10% 0,10% 0,10% 0,10% 0,10%	CDIP18 CDIP18 CDIP18 CDIP18 CDIP18	AD	D18-16		
DAC100CCQ3 DAC100CCQ4 DAC100CCQ5/883 DAC100CCQ6/883 DAC100CCQ7	10	B	1	<0,375			D D A C	0/18	0/18	10+10-	D D A C	15	2,1 2,1 2,1 2,1	0,7 0,7 0,7 0,7	10 5 10 5 10	Uu	0,20% 0,20% 0,20% 0,20% 0,20%	CDIP18 CDIP18 CDIP18 CDIP18 CDIP18	AD	D18-16		
DAC100DDQ3	10	B	1	<0,375			D	0/18	0/18	10+10-	D	15	2,1	0,7	10	Uu	0,30%	CDIP18	AD	D18-16		
DAC312ER DAC312FR DAC312HP	12	BMr	1	<0,5 >8°	1=1mA		D F F	0/18	0/18	7+18-	D F F	15	2	0,8	3,999*	lu	0,05% 0,05% 0,05%	0,5 1 1	CDIP20 CDIP20 DIP20	PMI PMI PMI	D20-10 D20-10 D20-10	

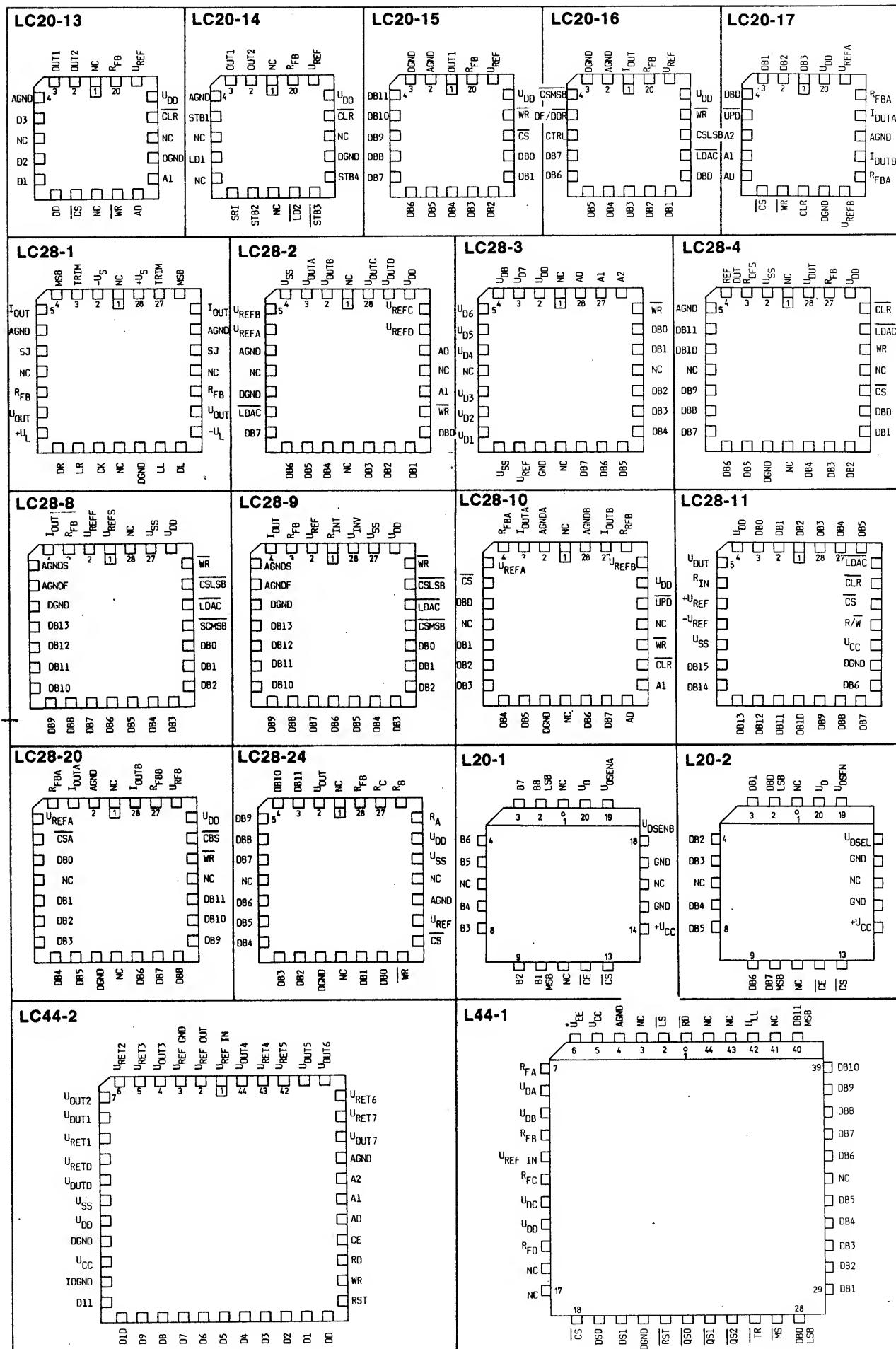
TYP	R	Druh	Podr/DIA	t_s [μ s] SR* Vst.kód	U_{REF} [V]	EG [%FS]	θ_a [$^{\circ}$ C]	U_s U_{CC+} U_{DD+} max	U_{EE-} U_L max	P_{tot} [mW] I_{s+1s} max	θ_a [$^{\circ}$ C]	U_s U_{CC+} U_{DD+} U_{SS-} max	U_{IH} min	U_{IL} max	U_o I_o * [V]; [mA]*	Druh výstupu	EL [LSB] [%FS]	EDL [LSB] EFS*	P	V	Z			
	[b]																							
DAC312HR																								
DAC312HS																								
DAC600AN	12	B	250MHz	1	4	1	1,5	F		0,3+7	A=46mA B=150mA	25	5,2-	1,1-	2-	20*	Iu	0,05% 0,05%	1	CDIP20	PMI	D20-10		
DAC600BN								1	F			25									SOIC20	PMI	SO20-10	
DAC650JL	12	B,ECL	500MHz	1	2ns	10	1	D	18		13+50-	D	15	0,6-	2-	20*	Ib	0,04% 0,02%	0,04% 0,02%	QFC68	BB			
DAC650KL								D				D								QFC68	BB			
DAC667AH	12	B	uP	1	<4	10	0,2	C	0/18	0/18	1000 17+12-	25	12	2	0,8	2,5;5;10 5;10 5*	Ub	0,5 0,25 0,5 0,25	0,75 0,5 0,75 0,5	CDIP28	BB	D28-6		
DAC667BH								C												CDIP28	BB	D28-6		
DAC667JP								D												DIP28	BB	D28-6		
DAC667KP								D												DIP28	BB	D28-6		
DAC700BH	16	Bm		1	<8 >10*	6,3	0,1	C	0/18	0/18	1000 25+25-	25	15,5**	2,4	0,8	0/2*	Iu				CDIP24	BB	D24-27	
DAC700CH								C												CDIP24	BB	D24-27		
DAC700KH								D												CDIP24	BB	D24-27		
DAC700LH								D												CDIP24	BB	D24-27		
DAC701BH	16	Bm		1	<8 >10*	6,3	0,1	C	0/18	0/18	1000 30+30-	25	15; 5**	2,4	0,8	0/10	Uu				CDIP24	BB	D24-28	
DAC701CH								C												CDIP24	BB	D24-28		
DAC701KH								D												CDIP24	BB	D24-28		
DAC701LH								D												CDIP24	BB	D24-28		
DAC702BH	16	Bm		1	<8>10*	6,3	0,1	C	0/18	0/18	1000 25+25-	25	15; 5** 15; 5**	2,4	0,8	0/2*	Iu				CDIP24	BB	D24-27	
DAC702CH								C												CDIP24	BB	D24-27		
DAC702JP								D												DIP24	BB	D24-27		
DAC702KH								D												CDIP24	BB	D24-27		
DAC702KP								D												DIP24	BB	D24-27		
DAC702LH								D												CDIP24	BB	D24-27		
DAC702SH								A	0/18	0/18	1000 30+30-	25	15; 5**	2,4	0,8	0/10	Uu				CDIP24	BB	D24-27	
DAC703BH	16	Bm		1	<8>10*	6,3	0,1	C	0/18	0/18	1000 30+30-	25	15; 5** 5*	2,4	0,8	0/10	Uu				CDIP24	BB	D24-28	
DAC703CH								C												DIP24	BB	D24-28		
DAC703JP								D												SOIC24	BB	D24-28		
DAC703JU								D												CDIP24	BB	D24-28		
DAC703KH								D												DIP24	BB	D24-28		
DAC703KP								D												CDIP24	BB	D24-28		
DAC703KU								D												DIP24	BB	D24-28		
DAC703LH								D												CDIP24	BB	D24-28		
DAC703SH								A												CDIP24	BB	D24-28		
DAC707BH	16	Bm	uP	1	<8>10*	0,1	C	0/18	0/15+	0/18	1000 30+30-	25	15; 5**	2	0,8	10 5*	Ub				CDIP28	BB	D28-15	
DAC707BH-BI								C												CDIP28	BB	D28-15		
DAC707JP								D												DIP28	BB	D28-15		
DAC707KH-BI								D												DIP28	BB	D28-15		
DAC707KH								D												CDIP28	BB	D28-15		
DAC707KH-BI								D												CDIP28	BB	D28-15		
DAC707KP								D												DIP28	BB	D28-15		
DAC707KP-BI								D												DIP28	BB	D28-15		
DAC707SH								A												CDIP28	BB	D28-15		
DAC707SH-BI								A												CDIP28	BB	D28-15		
DAC708BH	16	Bm	uP	1	<8>10*	0,1	C	0/18+	0/15*	0/18	1000 25+25-	25	15; 5** 1*	2	0,8	0/2*	Iu				CDIP24	BB	D24-29	
DAC708BH-BI								C												CDIP24	BB	D24-29		
DAC708KH								D												CDIP24	BB	D24-29		
DAC708SH								A												CDIP24	BB	D24-29		
DAC708SH-BI								A												CDIP24	BB	D24-29		
DAC709BH	16	Bm	uP	1	<8>10*	0,1	C	0/18+	0/15*	0/18	1000 25+25-	25	15; 5**	2	0,8	0/10 5;10 5*	Uu				CDIP24	BB	D24-29A	
DAC709BH-BI								C												CDIP24	BB	D24-29A		
DAC709KH								D												CDIP24	BB	D24-29A		
DAC709KH-BI								D												CDIP24	BB	D24-29A		
DAC709SH								A												CDIP24	BB	D24-29A		
DAC709SH-BI								A												CDIP24	BB	D24-29A		
DAC725JP	16	Bm		2	4;10*	INT	0,2	D	0/18+	0/15*	0/18	2000	25	15; 5**	2	0,8	10 5*	Ub				DIP28	BB	D28-16
DAC725KP								D												DIP28	BB	D28-16		
DAC729JH	18	Bm		5-8;20*	10	0,1	D	0/18+	0/7*	0/18	3000	25	15; 5**	2,4	0,8	2,5;5;10 0/10;0/5 1*;0/2*	Ub				CDIP40	BB	D40-1	
DAC729KH								D												CDIP40	BB	D40-1		
DAC729KH-BI								D												CDI40	BB	D40-1		
DAC811AH	12	Bm	uP	1	3<4 12>8*	6,3	0,2	C	0/18+	0/7*	0/18	1000 25+35-	25	12/15; 5**	2	0,8	5;10 0/10 5*	Ub	0,5 0,25	0,75	CDIP28	BB	D28-17	
DAC811BH								C												CDIP28	BB	D28-17		
DAC811JP								D												DIP28	BB	D28-17		
DAC811JU								D												SOIC28	BB	SO28-3		
DAC811KP								D												DIP28	BB	D28-17		
DAC811KU								D												SOIC28	BB	SO28-3		
DAC811RH								A												DIP28	BB	D28-17		
DAC811SH								A												CDIP28	BB	D28-17		
DAC813AH	12	Bm		1	4,5-6 10*	10	0,2	F	0/18+	0/18	750 15+7-	25	12/15;	2	0,8	0/10 5;10 5*	Ub	0,5 0,25	0,75	CDIP28	BB	D28-18		
DAC813AP								F												DIP28	BB	D28-18		
DAC813AU								F												SOIC28	BB	SO28-4		
DAC813BH								D												DIP28	BB	D28-18		
DAC813JP								D												SOIC28	BB	SO28-4		
DAC813JU								D												DIP28	BB	D28-18		

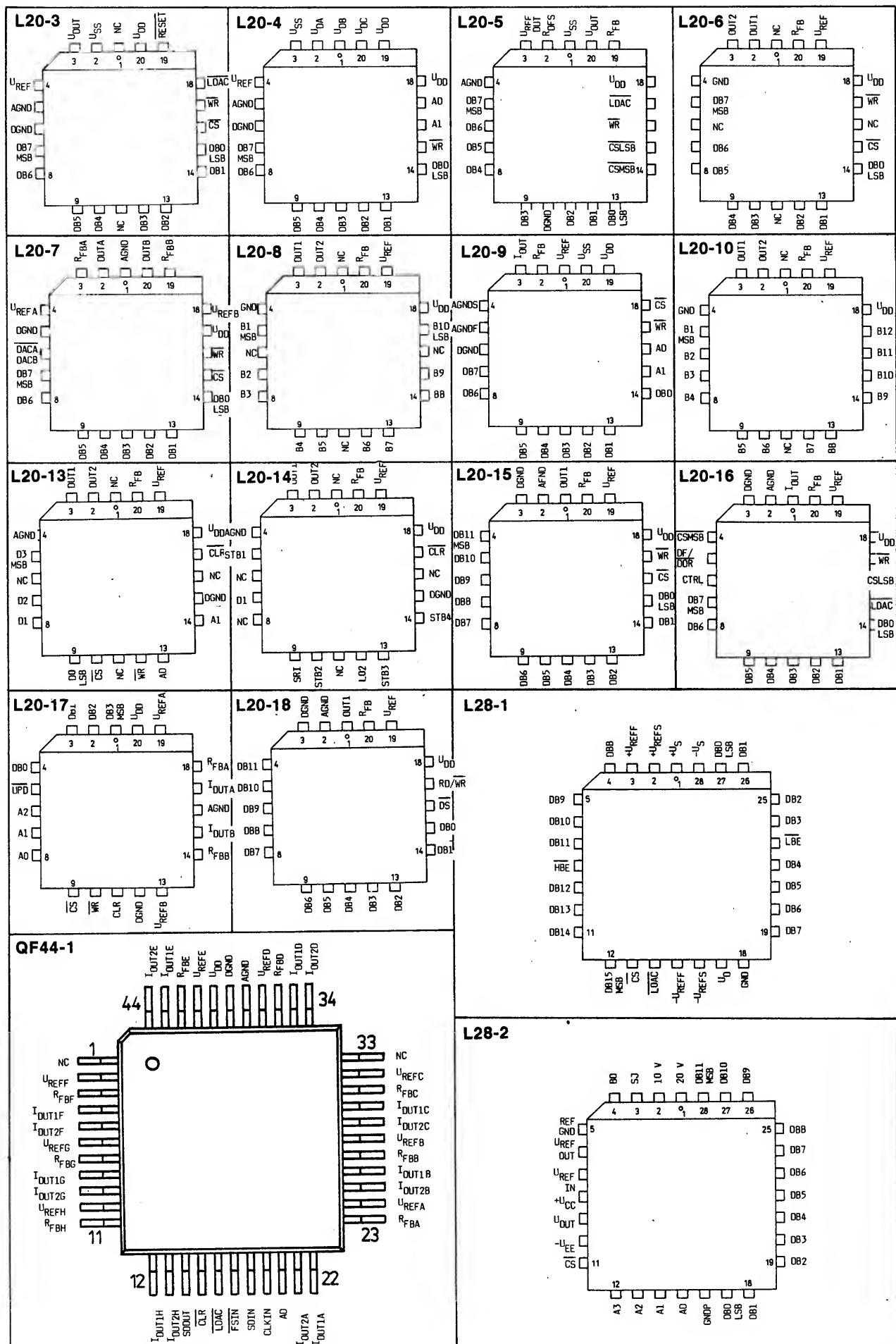
D8-1	D8-2	D14-1	D16-1	D16-2	D16-3
					
D16-4	D16-5	D16-6	D16-7	D16-8	D16-9
					
D16-10	D16-11	D16-12	D16-13	D16-14	D16-15
					
D16-16	D16-17	D16-18	D16-19	D18-1	D18-2
					
D18-3	D20-1	D20-2	D20-3	D20-4	D20-5
					
D20-6	D20-7	D20-8	D20-9	D20-10	D20-18
					
D24-1	D24-2	D24-3	D24-3A	D24-3B	D24-4
					











PRE SLOVENSKÝCH ČITATEĽOV

Vážení čitateľia,
vzhľadom na skutočnosť, že od nového roku sa zvyšujú ceny papiera a polygrafických prác v Českej republike, bol vydavateľ nutený upraviť ceny Amatérského radia (radia A i B) aj na Slovensku. Od nového roku bude cena výtlaku 27,-SK.

Ale

Magnet-Press Slovakia si chce zachovať priezrač predplatiteľov, preto sme sa rozhodli minimalizovať svoje zisky a poskytnúť vám zľavu na pred-

platnom vo výške 5,-SK, avšak iba tým, ktorí budete mať predplatné priezrač vo firme Magnet-Press Slovakia. Cena výtlaku pre predplatiteľov v Magnet-Press Slovakia na rok 1995 len 22,-SK.

Doterajším odberateľom časopisu pošleme zloženky automaticky a zaraďme ich do zoznamu stálych zákazníkov na rok 1995.

Elektrosoučasťky za nízké ceny

LHOTSKY - E.A.
electronic actuell
Komenského 465/11
431 51 Klášterec nad Ohří
odesíláme obratem poštou, možný těž osobní odběr v pracovní dny mimo středu 8-12 hod, 15-20 hod
telefon: 0398/ 936 406

Seznam zašleme proti 5,- známce

X

OBJEDNÁVACÍ LÍSTOK - LEN PRE NOVÝCH ODBERATEĽOV

MENO A PRIEZVISKO (firma).....

ADRESA (sídlo firmy) PSČ

OBJEDNÁVAM časopis AMATÉRSKÉ RÁDIO "B" v počte ks

IČO DIČ

Časopis si želám zasielať na adresu a) vyššie uvedenú,

b)

Platba a) fakturou, b) zloženkou

Nehodiac sa škrtnite

Podpis

Vyplňený objednávací lístok pošlite na adresu Magnet-Press Slovakia, P.O.Box 14, 814 99 Bratislava

INZERCE

Inzerci prijímá osobně i poštou Vydavatelství Magnet-Press (inzerce ARB), Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. (02) 24 22 73 84, (02) 24 22 77 23, tel./fax (02) 24 22 31 73.

Uzávěrka tohoto čísla byla 13. 10., do kdy jsme museli obdržet úhradu za inzerát.

Cena za první řádek (délky 54 mm) je 44,-Kč, za každý další i započatý 22,-Kč. Platba je včetně daně z přidané hodnoty. Cena za plošnou inzerci se řídí velikostí, za 1 cm² plochy je 29,-Kč, k ceně se připočítáva 23 % DPH. Nejmenší velikost plošného inzerátu je 54x40 mm. Za opakovanou inzerci poskytujeme slevy.

Text pište čitelně, nejlépe na stroji nebo hůlkovým písmem, aby se předešlo chybám, vznikajícím z nečitelnosti předlohy.

KOUPĚ

Gramofony na kliku, staré rozhlasové přijímače s rámovou anténou, tlg. klíče a stroje, něm. voj. zařízení, elektronky do roku 1945, výměna možná - nabídněte. Adr.: J. Russmann, Alter Muhlenweg 15, 29525 Uelzen 3. Fax 004958177539.

1000 Kč i více dám za kompletní německou leteckou kuklu - siřovanou, koženou, plátěnou. Dále samostatné krční mikrofony a sluchátka. Tel. (02) 26 38 03

Firma **ELKOM SERVIS** hledá z řad radioamatérů externí pracovníky - obchodní zástupce při realizaci a servisu rádiových sítí. Základní znalosti v oboru podmínkou.

Adr.: ul. **Prášnická 929, 688 01 UH. BROD**, tel. 0633/4139.

Reproduktorové soustavy Kompletní stavebnice Součástky, Skříně Reproduktoře

Katalog zdarma !



KUTECH s.r.o.

262 03 Nový Knín
nám. Jiřího z Poděbrad 403
tel.: 0305/93 208, 93 318
fax: 0305/93 288

Provoz Praha
130 00 Praha 3
Za Vackovem 7
tel./fax: 02/68 47 102

Výhodné dealerské ceny

Výroba, Velkoobchod, Maloobchod, Zásilková služba

NABÍDKA

ČASOPISŮ
Z VYDAVATELSTVÍ
MAGNET-PRESS

● výhodné předplatné ● výrazné slevy ●

Vážení čtenáři,

prestože jsme nuceni vlivem stoupajících cen papíru a polygrafických prací od ledna 1995 zvýšit ceny časopisů v běžném prodeji, chceme, aby předplatitelé, kteří si objednají své oblíbené tituly přímo na adresu našeho vydavatelství, pocítili tuto změnu co nejméně. Kromě výrazných slev poskytujeme svým předplatitelům i další výhody: časopisy balíme do folie, čísla prokládáme zajímavými materiály. Z předplatitelů vylosujeme každý měsíc výherce hodnotných cen.

Tato cenová nabídka je určena pouze pro předplatitele v České republice, ceny jsou uvedeny v Kč.

Časopis	Prodejní cena	Cena pro předplatitele	Pololetní předplatné	Roční předplatné
SVĚT MOTORŮ	12,-	10,80	280,80	561,60
LETECTVÍ A KOSMONAUTIKA	22,-	17,-	221,-	442,-
STŘELECKÁ REVUE	22,-	17,-	102,-	204,-
PES PŘÍTEL ČLOVĚKA	20,-	15,-	90,-	180,-
MODELÁŘ	22,-	17,-	102,-	204,-
MODELY	22,-	17,-	51,-	102,-
ZÁPISNÍK SPOTŘEBITELE	20,-	15,-	90,-	180,-
AMATÉRSKÉ RÁDIO A	20,-	15,-	90,-	180,-
AMATÉRSKÉ RÁDIO B	20,-	15,-	45,-	90,-
ŽELEZNICE	29,-	27,50	82,50	165,-
ABK (akcie, burza, kapitál)	95,-	95,-	570,-	1140,-

K zavedení do evidence nutně potřebujeme poslat Vám vyplňenou objednávku. Pro objednávky, zasláné nejpozději do 20.12.1994 bude zajištěno dodávání časopisů od prvních čísel, pro čtenáře, kteří pošou objednávky později, bude na složence nebo faktuře uveden údaj, od kterého čísla bude časopis zasílán. Po skončení předplatného období Vám zašleme složenku na další předplatné. Naši současní předplatitelé již proto nemusí objednávat lístky poslat a VMP je obešle složenkami (fakturami) automaticky. Pokud si přejete po odeslání objednávky z jakýchkoliv důvodů svůj odběr a platbu stornovat, oznamte to neprodleně do administrace VMP. Objednané časopisy budou zasílány až po začítování platby v počítači.

Objednací lístky a všecké další dotazy zasílejte na adresu: **Vydavatelství Magnet-Press, odd. administrace
Vladislavova 26 Tel.: 02/2422 7384-92, linka 445, 446
113 66 Praha 1 Fax: 02/2421 7315**

OBJEDNACÍ LÍSTEK - JEN PRO NOVÉ ODBĚRATELE!

Jméno a příjmení (firma)

Adresa (sídlo firmy) PSČ

IČO DIČ

γ Časopisy si přejí zaslat na adresu a) výše uvedenou

b)

*) Platba
a) fakturou
b) složenkou

Mám zájem ještě o doposání těchto čísel časopisů z roku 1994:

Časopis	Pololetní předpl.	Roční předpl.
SVĚT MOTORŮ	280,80 (x)	561,60 (x)
LETECTVÍ A KOSMONAUTIKA	221,- (x)	442,- (x)
STŘELECKÁ REVUE	102,- (x)	204,- (x)
PES PŘÍTEL ČLOVĚKA	90,- (x)	180,- (x)
MODELÁŘ	102,- (x)	204,- (x)
MODELY	51,- (x)	102,- (x)
ZÁPISNÍK SPOTŘEBITELE	90,- (x)	180,- (x)
AMATÉRSKÉ RÁDIO A	90,- (x)	180,- (x)
AMATÉRSKÉ RÁDIO B	45,- (x)	90,- (x)
ŽELEZNICE	82,50 (x)	165,- (x)
ABK (akcie, burza, kapitál)	570,- (x)	1140,- (x)

Do tabulky zaškrtněte druh předplatného, pokud chcete zaslat časopis ve větším množství, než v jednom exempláři, uvedte v závorce tento počet. Částka za předplatné se tímto počtem násobí.

Podpis

*) Nehodí se škrtnět